

# 基于 Leslie 模型的二孩政策对中国未来 10 年人口的预测

## 1 摘要

本文通过建立 Leslie 模型，预测了实施原计划生育、实施单独二孩政策和实施全面二孩政策三种情况下中国人口从 2016 年至 2025 年 10 年的人口总数。

为了增加 Leslie 模型预测的准确度，本文将女性年龄每一岁作为一个年龄段，共分为 91 个年龄段。考虑到死亡率会随着经济的发展和医疗水平的提高而减少，因此没有直接选用固定的死亡率带入模型进行预测，而是根据 1997 年至 2012 年的每一年龄段女性的死亡率采用了更精确的指数拟合模型预测了未来 13 年的每一年龄段女性死亡率。另外为了引入二孩政策对生育率的影响，本文根据二孩政策的特点，将单独二孩政策和全面二孩政策分别引入了两个用于度量影响程度的函数，其既能反映影响程度随时间减弱的特点，又能反映出不同年龄的女性对于政策的反应程度。

最终根据 Leslie 模型，本文预测出三种情况下到 2025 年中国人口的总量分别为 140532 万、140772 万和 141520 万。同时，对人口结构的一些特点进行了简要研究。

**关键字：**Leslie 模型 二孩政策 人口预测

## 2 问题重述

请自行搜索数据，建立数学模型，并通过你的模型预测未来 10 年内我国人口状况。需要注意的是：二孩生育意愿没有官方的统计数据，需要自己查阅相关的报道，做合理的假设。

## 3 问题假设

- 1.假设本文搜集到的所有数据真实可靠。
- 2.假设预测年限期间没有因为大规模自然灾害或战争疾病引起的死亡率的非正常增加。
- 3.假设预测年限期间国民经济稳定，不存在较大的经济波动。
- 4.假设所统计的年份中没有因为人口迁移带来的人口数量的变化。
- 5.假设妇女的生育意愿和预期的生育年龄在预测年限期间内不会因为除二孩政策外的其他原因而显著地改变。

## 4 符号说明

符号	含义	说明
$S$	假设女性的最大年龄	文中取 90 岁，超过 90 岁的计入 90 岁
$m$	划分的年龄段的个数	文中将 1 岁算作一个年龄段，共 91 个
$n_i(t)$	第 $i$ 个年龄组在第 $t$ 次观测的女性人数	
$b_i$	第 $i$ 年龄组女性生女率	
$f_i$	第 $i$ 个年龄组女性的生育率	本文假设 $f_i = 2b_i$
$d_i$	第 $i$ 年龄组女性死亡率	
$s_i$	第 $i$ 年龄组女性存活率	$s_i = 1 - d_i$
$n(t)$	第 $t$ 次观察到的各年龄组女性人数的矩阵	$n(t) = [n_1(t), n_2(t), \dots, n_m(t)]$
$\varpi_1$	单独二孩政策对生育率的平均影响因子	
$\varpi$	最优的影响因子	

## 5 模型建立和求解

### 5.1 模型简介

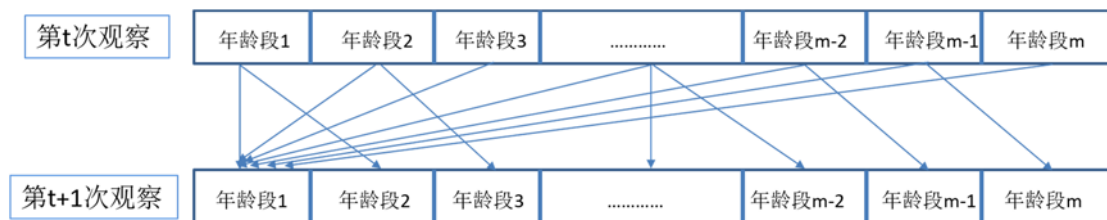
Leslie 模型是 20 世纪 40 年代提出的预测人口按年龄组变化的离散模型，其求解步骤如下：

1. 假设预测期限内所生孩子的男女比为1:1，而每个年龄组的男女比与初始的年份相同。因此该模型可以仅考虑女性人口的发展变化。
2. 假设女性最大年龄为 $S$ 岁，将其等间隔划分成 $m$ 个年龄段，不妨假设 $S$ 为 $m$ 的整数倍，每隔 $\frac{S+1}{m}$ 年观察一次。

3. 在同一时间间隔内不考虑人口数量的变化。
4. 记 $n_i(t)$ 为第 $i$ 个年龄组在第 $t$ 次的女性人数，第 $i$ 年龄组女性生女率为 $b_i$ （假设已经扣除了死亡率），由于男女比为1:1，因此 $b_i = \frac{f_i}{2}$ ， $f_i$ 表示第 $i$ 个年龄组女性的生育率。另记第 $i$ 年龄组女性死亡率为 $d_i$ ，女性存活率为 $s_i = 1 - d_i$ ， $n(t) = [n_1(t), n_2(t), \dots, n_m(t)]$ 代表第 $t$ 次观察到的各年龄组女性人数的矩阵。

因此，根据以上 4 点可知，在第 $t+1$ 次观察到的第 1 个年龄段女性的人数 $n_1(t+1)$ 应该等于第 $t$ 次观察到的各年龄段女性人数 $n_i(t)$ 乘以生女率 $b_i$ ，而其他第 $i+1$ 年龄组的女性人数 $n_{i+1}(t+1)$ 应该等于在第 $t$ 次观察到的第 $i$ 年龄组的女性人数 $n_i(t)$ 乘以女性存活率 $s_i$ 。

如下图所示：



用数学公式可记为：

$$n_1(t+1) = \sum_{i=1}^m b_i n_i(t) \text{ 和 } n_{i+1}(t+1) = n_i(t) s_i, i=1, 2, \dots, m-1$$

以上两个式子可称为 Leslie 人口变化迭代等式。

## 5.2 模型建立

通过模型介绍可知，Leslie 模型的思想是将女性的一生分为多个年龄段，只讨论年龄段之间女性数量的传递关系，而忽略了在同一年龄段之间女性数量的变化，因此要使得 Leslie 模型能更准确的预测人口数量的变化，需要增加年龄段的划分，最理想的划分按照每一岁划分一次。又由于每一个年龄阶段的女性死亡率在不同的年份可能会有所区别，例如随着科学的进步，医疗水平的发展，不同阶段女性死亡率势必会有一个逐渐递减的趋势，因此，在条件允许的情况下，我们最好是预测出女性按年龄的死亡率随时间变化的情况，再将其带入每年的 Leslie 人口变化迭代等式。同理我们也应该考虑女性的生育率随时间变化的趋势情况，特别是在全面二孩政策后，势必会对女性的生育率有一个正向的冲击。所以我们对于女性生育率的预测一定要包括政策的影响。

因此，本文为了更好的预测未来人口的变化，将女性划分为 0 岁、1 岁、2 岁、……、89 岁和 90 岁（90 岁以上包括在这个区间）这 91 个年龄段，而对于不同年龄段的女性的死亡率和生育率，我们将构造不同的模型做出预测。最终，将预测出的数据带入 Leslie 人口变化迭代等式来预测每个年龄阶段的女性人口。

## 5.3 死亡率的预测

根据查阅到的中国 1997 年-2012 年总计 16 年的按年龄死亡人口状况统计表，我们可以得到中国这 16 年来每年女性按年龄大小的死亡率数值，以 0 岁女孩为例，其表格如下所示（全部数据见附录一，数据来源：中国人口和就业统计年鉴）。

Year	t	age0	Year	t	age0
1997	1	42.99	2005	9	14.41
1998	2	37.62	2006	10	19.10
1999	3	30.89	2007	11	14.10
2000	4	32.10	2008	12	15.23
2001	5	24.29	2009	13	7.88
2002	6	21.50	2010	14	3.92
2003	7	16.70	2011	15	3.53
2004	8	14.36	2012	16	2.79

下面我们用两种方法对 2013 年至 2025 年的 0 岁女孩死亡率进行预测，并根据预测精度选择最优的预测方法对剩余 90 组年龄的死亡率进行预测。

## 1 灰色预测模型

### 1.模型的建立

灰色预测模型 (GM(1, 1)) 是使用原始的离散数据列，通过一次累加生成削弱随机性的较有规律的新的离散数据列，然后通过建立微分方程模型，得到在离散点处的解经过累减生成的原始数据的近似估计值，从而预测原始数据的后续发展。

设  $x^{(0)} = (x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n))$  是最初的原始数据列，我们对其进行一次累计得到新的生成数据列为

$$x^{(1)} = (x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n))$$

$$\text{其中, } x^{(1)}(m) = \sum_{i=1}^m x^{(0)}(i), m = 1, 2, \dots, n$$

令  $z^{(1)}$  为数列  $x^{(1)}$  的紧邻均值生成数列，即  $z^{(1)} = (z^{(1)}(2), z^{(1)}(3), \dots, z^{(1)}(n))$ ，其中

$$z^{(1)}(m) = \delta x^{(1)}(m) + (1 - \delta)x^{(1)}(m - 1), m = 2, 3, \dots, n \text{ 且 } \delta = 0.5$$

我们称方程  $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$  为 GM(1, 1) 模型的基本形式。其中， $b$  表示灰作用量， $-a$  表示发展系数，GM(1, 1) 的第一个 ‘1’ 表示方程是一阶的，后面的 ‘1’ 表示只有一个变量。

下面我们引入矩阵形式：

$$\mathbf{u} = (a, b)^T, \mathbf{Y} = \begin{bmatrix} x^{(0)}(2) \\ x^{(0)}(3) \\ \vdots \\ x^{(0)}(n) \end{bmatrix}, \mathbf{B} = \begin{bmatrix} -z^{(1)}(2) & 1 \\ -z^{(1)}(3) & 1 \\ \vdots & \vdots \\ -z^{(1)}(n) & 1 \end{bmatrix}$$

于是，GM(1, 1) 模型  $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$  可表示为

$$\mathbf{Y} = \mathbf{B}\mathbf{u}$$

我们可利用最小二乘法得到参数  $a, b$  的估计值为

$$\hat{\mathbf{u}} = \begin{pmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{pmatrix} = (\mathbf{B}^T \mathbf{B})^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{Y}$$

另外，如果将  $x^{(0)}(m)$  的时刻  $m = 2, 3, \dots, n$  视为连续变量  $t$ ，那么  $x^{(1)}$  视为时间  $t$  的函数，我们可记为  $\hat{x}^{(1)}(t)$ ，将  $x^{(0)}(k)$  对应于导数  $\frac{d\hat{x}^{(1)}(t)}{dt}$ ， $z^{(1)}(k)$  对应于  $x^{(1)}(t)$ ，

则可建立相对于灰方程 GM(1, 1) 的白微分方程： $\frac{d\hat{x}^{(1)}(t)}{dt} + \hat{x}^{(1)}(t) = b$ ，我们称之为 GM(1, 1) 的白化方程。

### 2.模型求解

如果我们取初始值  $\hat{x}^{(1)}(t)|_{t=1} = x^{(0)}(1)$ ，我们可以求出其对应的解为

$$\hat{x}^{(1)}(t) = \left[ x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-a(t-1)} + \frac{b}{a}$$

进一步我们可以得到GM(1, 1)模型 $x^{(0)}(k) + az^{(1)}(k) = b$ 的解为

$$\hat{x}^{(1)}(m+1) = \left[ x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-am} + \frac{b}{a}, m=1, 2, \dots, n-1$$

从上式可得原始数据列 $x^{(0)}$ 的模拟值为

$$\hat{x}^{(0)}(m+1) = \hat{x}^{(1)}(m+1) - \hat{x}^{(1)}(m) = (1-e^a) \left[ x^{(0)}(1) - \frac{b}{a} \right] e^{-am}, m=1, 2, \dots, n-1$$

如果要对原始数据进行预测，只需要在上式取 $m \geq n$ 即可。

### 3.模型检验

用GM(1, 1)对数据进行预测时，可对预测的效果作下面三种方法的检验：

(1) 残差检验：残差的定义如下：

绝对残差： $\varepsilon(k) = x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k), k=2, 3, \dots, n$

相对残差： $\varepsilon_r(k) = \frac{|x^{(0)}(k) - \hat{x}^{(0)}(k)|}{\hat{x}^{(0)}(k)} \times 100\%, k=2, 3, \dots, n$

通常认为，当 $\varepsilon_r(k) < 10\%$ 时，达到较高要求。

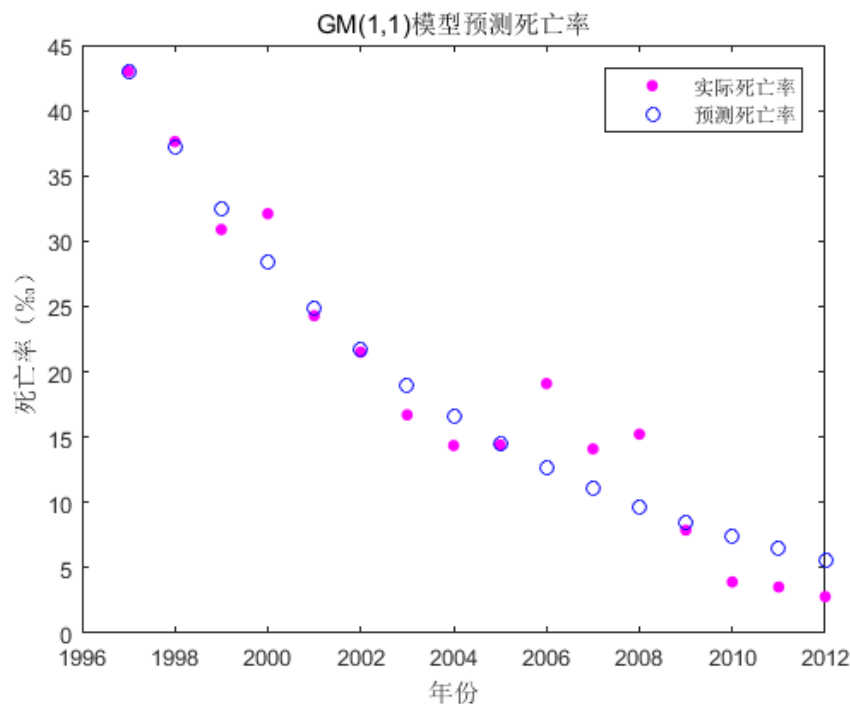
(2) 级比偏差检验

首先利用原始数据计算得到级比 $\sigma(k) = \frac{x(k)}{x(k-1)}, k=2, 3, \dots, n$ ，再计算相

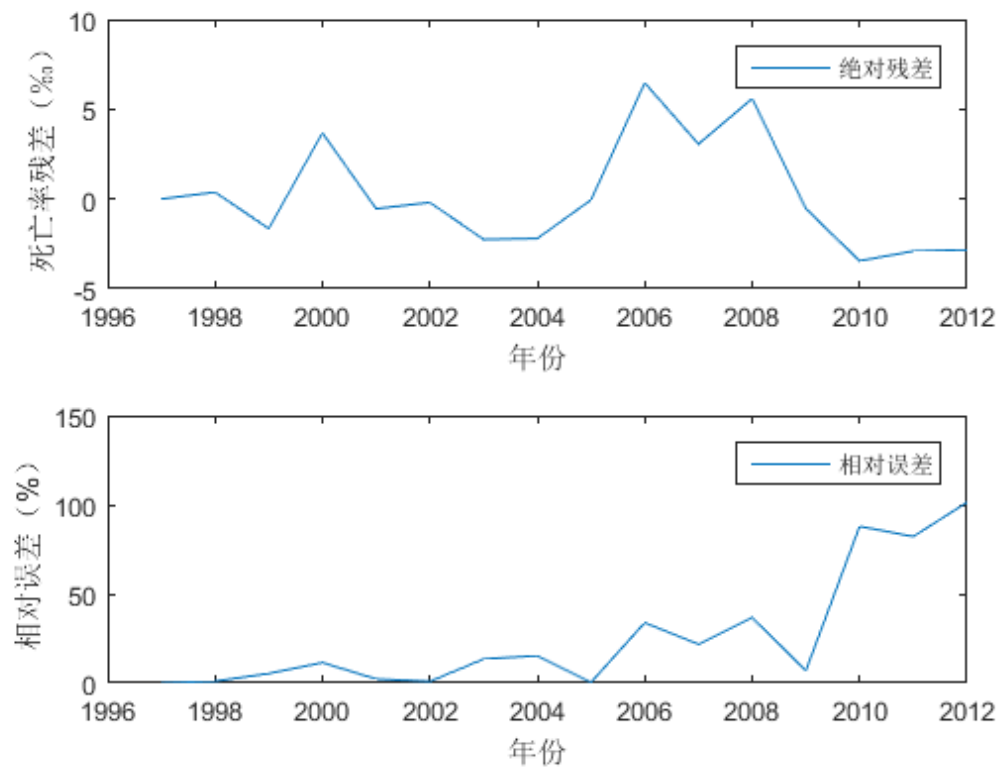
应的级比偏差 $\rho(k) = 1 - \frac{1-0.5a}{1+0.5a} \frac{1}{\sigma(k)}$

通常认为，当 $\rho(k) < 0.1$ ，达到较高要求。

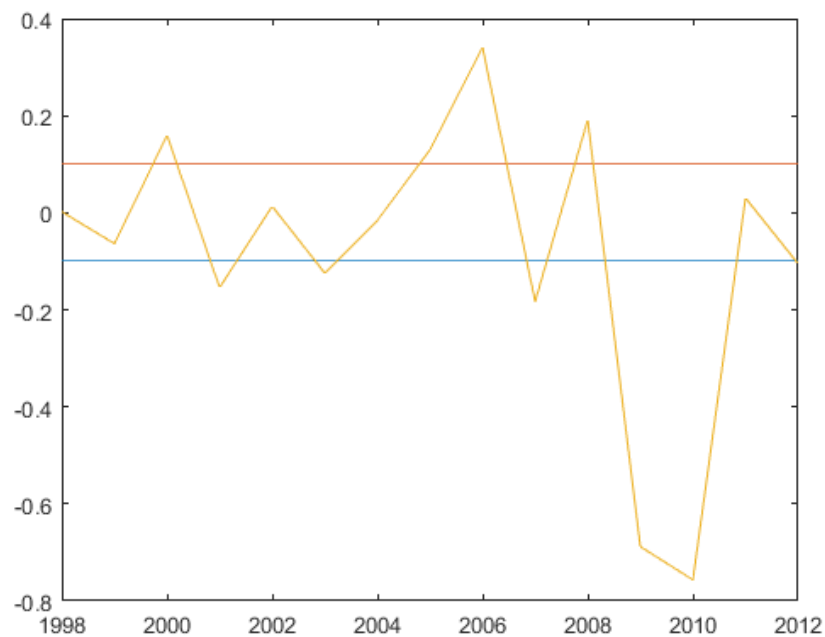
我们将这 16 年的数据使用 matlab 进行GM(1, 1)预测，结果如下：



可以看出实际的死亡率和预测的死亡率之间在后期有较大误差，我们做出其误差图：



从上图可知，后期相对误差超过了 50%，而级比偏差的绝对值也有多个年份超过了 10%。



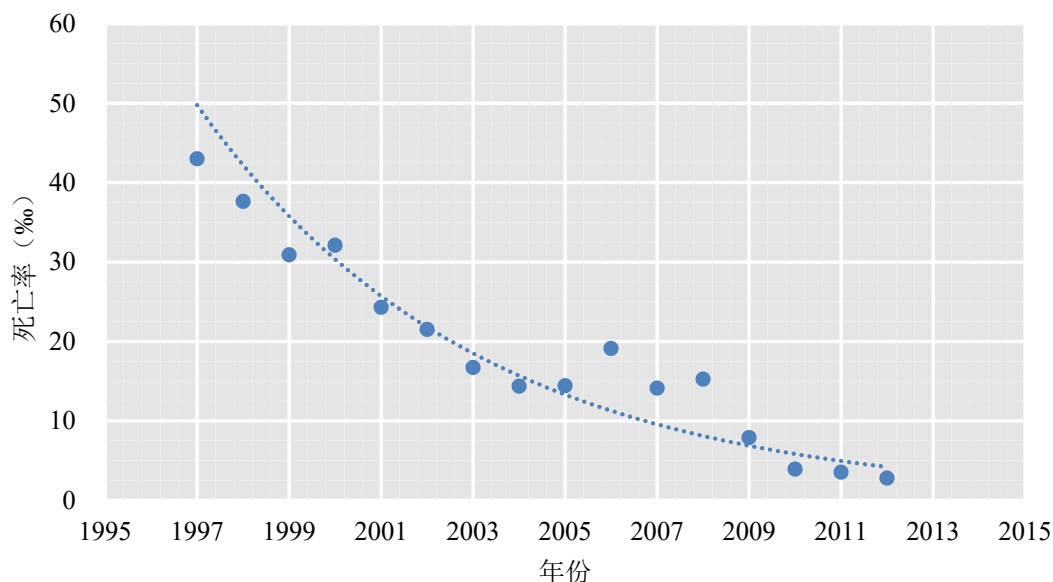
## 2.指数拟合

通过散点图可知，死亡率随着时间递减，且变得越来越平坦，因此我们可以假设死亡率与时间变化的函数为：

$$y = \alpha e^{\beta t}, \quad \alpha > 0, \beta < 0$$

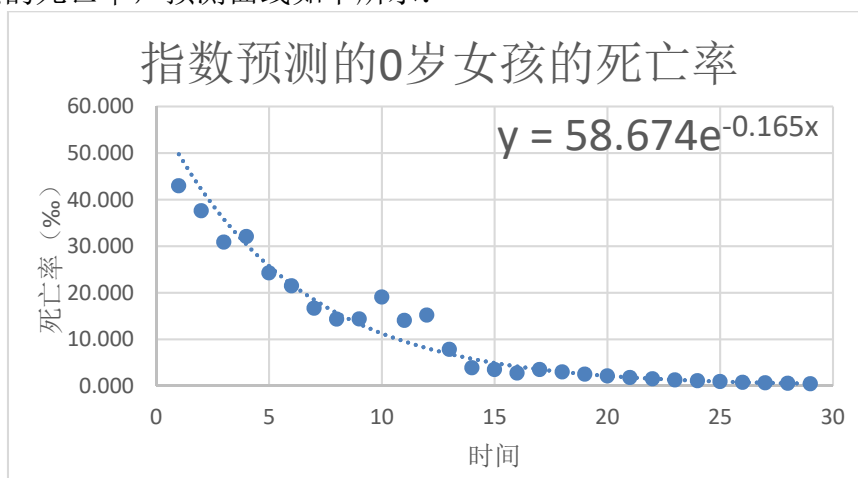
我们利用 Excel 做出如下所示的趋势线：

使用指数模型拟合的0岁女性的死亡率



从图中可以看出，除了中间 2006 年到 2008 年拟合的不准确外，其他年份拟合的较好。虽然在前期指数预测模型拟合的结果比不上 GM(1, 1) 模型，但在最后四年，指数预测模型拟合的效果明显优于 GM(1, 1) 模型，因此我们选择指数预测模型对各年龄阶段的死亡率进行预测。

预测的曲线通过 Excel 可以得到为： $y = 58.674e^{-0.165t}$ ，当  $t = 1$  时，表示  $Year = 1997$ ，因此利用该方程我们可以预测  $Year = 2012$  到  $Year = 2025$  年的 0 岁女孩的死亡率，预测曲线如下所示：





另外对于其他 90 个年龄段，我们同样可以通过 Excel 预测死亡率，完整预测的结果见附录二。

#### 5.4 生育率的预测

按照国际惯例和我国的人口统计规定，把育龄妇女的年龄区间设定为 15-49 岁，因此我们要得到 15 岁、16 岁、……、49 岁这些年龄阶段的生育率，因为二孩政策的影响，这些不同年龄阶段的生育率势必会有一个短期的正向冲击，因此如何度量这个冲击的大小直接影响到最后预测的准确度。

首先考虑 2013 年实施单独二孩政策后，必然会对 2014 年和 2015 年的生育率造成影响，且对年龄从 15 岁到 49 岁的女性的影响程度不同，一般而言，以 32 岁为界，影响程度在 15 岁从 32 岁的依次递增，超过 32 岁之后影响逐渐依次递减，且又因为随着时间的推移，政策的影响会逐渐减弱，因此我们可以构造如下函数，用于度量单独二孩政策对生育率的影响程度。

$$\omega_1(x, t) = \begin{cases} \left\{ 1 + \varpi_1 \left( \frac{x-14}{32} \right) \right\}^{\frac{1}{t}} & 15 \leq x \leq 32 \\ \left\{ 1 + \varpi_1 \left( \frac{50-x}{32} \right) \right\}^{\frac{1}{t}} & 32 < x \leq 49 \end{cases}$$

其中  $\varpi_1$  表示单独二孩政策对生育率的平均影响因子，变量  $x$  表示的女性年龄大小，变量  $t$  表示距离单独二孩政策实行的年份的长短，由于 2016 年实行全面二孩政策，因此这里的  $t=1, 2$ 。

同理，在 2016 年元旦全面实行二孩政策后，也会对生育率有一个影响，我们同样可以构造出一个影响函数：

$$\omega_2(x, t) = \begin{cases} \left\{ 1 + \varpi_2 \left( \frac{x-14}{32} \right) \right\}^{\frac{1}{t}} & 15 \leq x \leq 32 \\ \left\{ 1 + \varpi_2 \left( \frac{50-x}{32} \right) \right\}^{\frac{1}{t}} & 32 < x \leq 49 \end{cases}$$

其中  $\varpi_2$  表示全面二孩政策对生育率的平均影响因子，变量  $x$  表示的女性年龄大小，变量  $t$  表示距离全面二孩政策实行的年份的长短。

由于单独二孩政策和全面二孩政策涉及到的人数之间有一个比例，因此我们可以根据这个比例，在做出相应调整后，来推断出两个政策影响的关系。根据查阅到的相关数据可知，满足全面二孩政策的夫妇总量是满足单独二孩政策的夫妇总量的接近 9 倍。但单独夫妇虽然人数少，但是夫妇年龄结构相对年轻，集中在 25 到 30 岁左右。而非独生子女夫妇的年龄结构是 40 岁以上的部分最为集中。因此较为老化的年龄结构，在一定程度上削弱了全面两孩的政策效果。综合考虑下，我们取影响因子的倍数大小为 4 倍，则  $\varpi_2 = 4\varpi_1$ 。下面重点是如何估计出这里的  $\varpi_1$ ，本文的估计思想如下：

- (1) 首先假定生育率在预测期限内始终维持不变，我们可以通过 Leslie 人口变化迭代等式，得到 2014 年和 2015 年全国总人口的估计量。
- (2) 与真实的 2014 年和 2015 年数据进行对比，验证是否预测结果偏低。

- (3) 将影响函数乘以对应的各年龄阶段的生育率，取不同的平均影响因子  $\varpi_1$ ，使得 2014 年与 2015 年新预测出的结果的和与原来 2014 年和 2015 年预测结果的和的差额，最接近截止到 2015 年底实际申请单独二孩政策成功的人数 200 万。并将最优的影响因子记为  $\varpi$
- (4) 将  $w_1(x, t)$  中的平均影响因子  $\varpi_1$  替换成我们得到  $\varpi$ ，将  $w_2(x, t)$  中的平均影响因子  $\varpi_2$  替换成  $4\varpi$ ，并将 2013 年的生育率乘以预测年份对应的影响函数，来对 2014-2025 年全国人口进行预测。

在下文 6.6 节中，我们将给出估计结果。

### 5.5 不考虑二孩政策时人口趋势

不考虑二孩政策时，我们以 2013 年为初始年份，预测 2014-2025 年中国人口数量变化情况和结构变化情况。

因为 2013 年全国女性人口没有普查的数据，因此本文使用 2013 年 1% 的抽样女性人口分年龄段的百分比数据乘以已知的 2013 年总人数 1360720000，得到估计的各年龄阶段的女性总人数，同样根据 2013 年抽样结果可以得到男女比和女性的生育率。而死亡率在论文 6.4 节中我们进行了预测。

如下表所示（只选取中间 10 个年龄段的数据，完整表格见附录三）

年龄	女人数	男人数	男女比	女性生育率‰	女性死亡率‰
15	7347888	8708608	1.185185185	0.38	0.12327913
16	7620032	9252896	1.214285714	2.03	0.10939697
17	8572536	9388968	1.095238095	6.19	0.14216028
18	8300392	8844680	1.06557377	13.71	0.28795697
19	7620032	7892176	1.035714286	16.42	0.27778515
20	9525040	10613616	1.114285714	32.95	0.19768839
21	9797184	11021832	1.125	53.75	0.25446156
22	10341472	11566120	1.118421053	64.1	0.23896432
23	13607200	14559704	1.07	85.63	0.28003321
24	13198984	14151488	1.072164948	98.26	0.17679530

结合 leslie 模型的两个迭代公式

$$n_1(t+1) = \sum_{i=1}^m b_i n_i(t)$$

$$n_{i+1}(t+1) = n_i(t) s_i, i=1, 2 \cdots, m-1$$

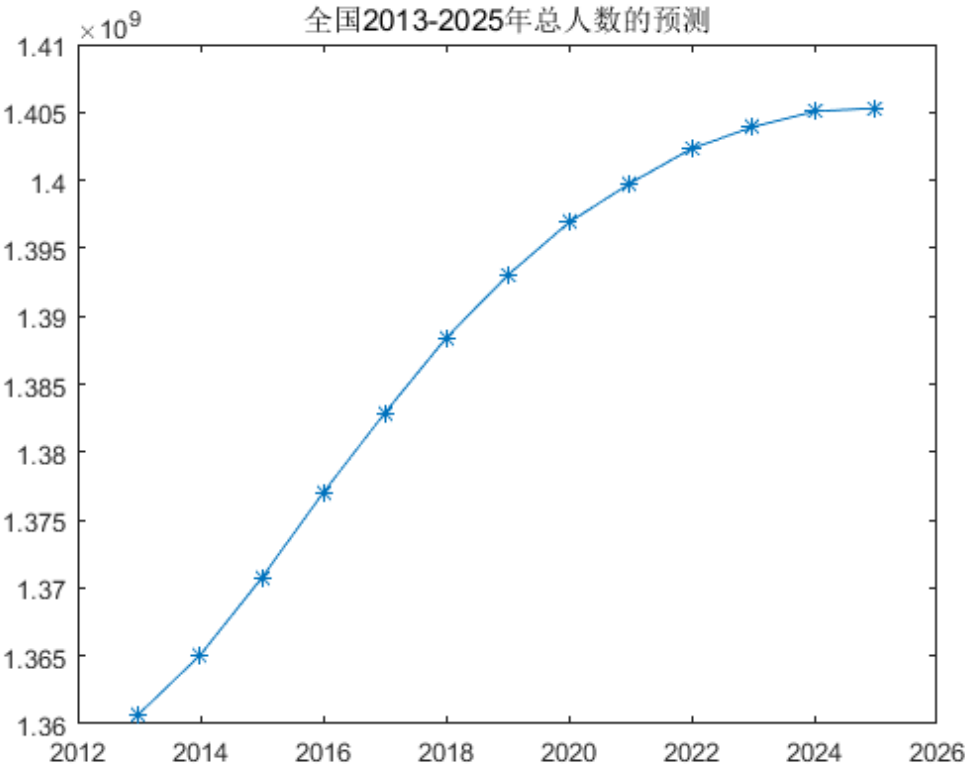
如果假设没有单独二孩和全面二孩政策的影响且假设女性生育率在未来预测年限内保持不变，我们可以预测出人口情况。

预测结果如下表：

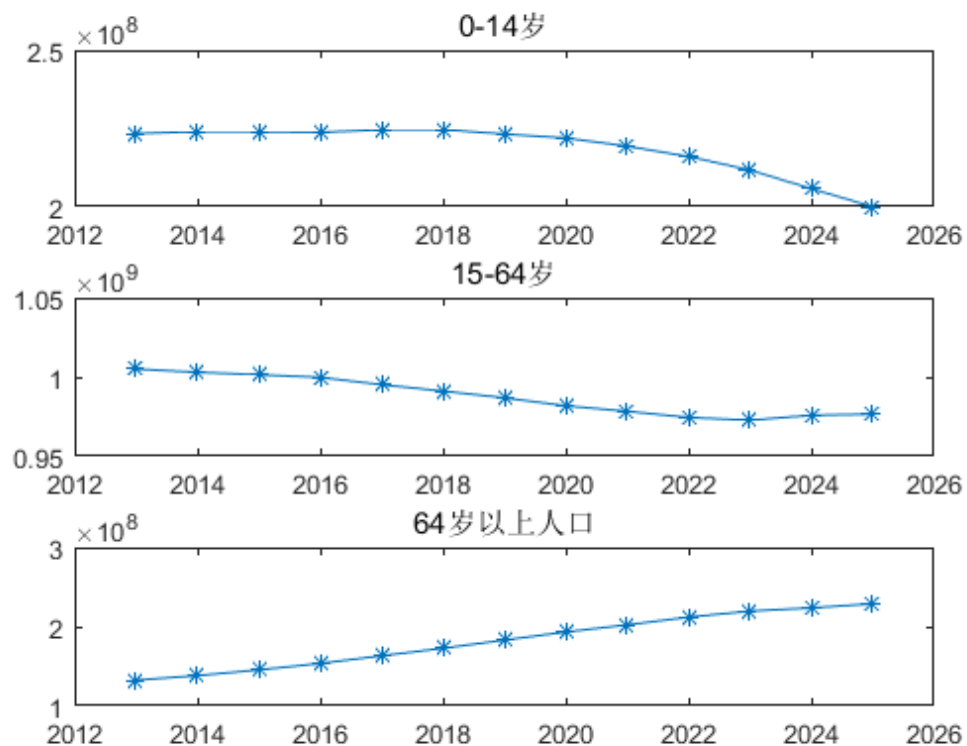
年份	人数	年份	人数
2013	1360720000	2020	1396885366
2014	1365073502	2021	1399776475
2015	1370744129	2022	1402327086
2016	1376998682	2023	1403925371
2017	1382851329	2024	1405049242
2018	1388372763	2025	1405323792
2019	1392981860		

根据国家统计局 2014 年和 2015 年实际人口数据分别为 136782 万和 137462 万，我们可以计算出这两年预测的相对误差分别为：-0.2%和-0.28%，这说明拟合效果较好，但由于出现误差的绝对数量分别为：-2746490 人和-3875871 人，这说明预测的人数偏低，出现误差的原因可能与国家在 2013 年实施单独二孩政策有关，导致没有修正的生育率偏小，造成人口总量偏低。也可能是由于抽样调查数据本身存在的问题以及预测出的死亡率的偏误。

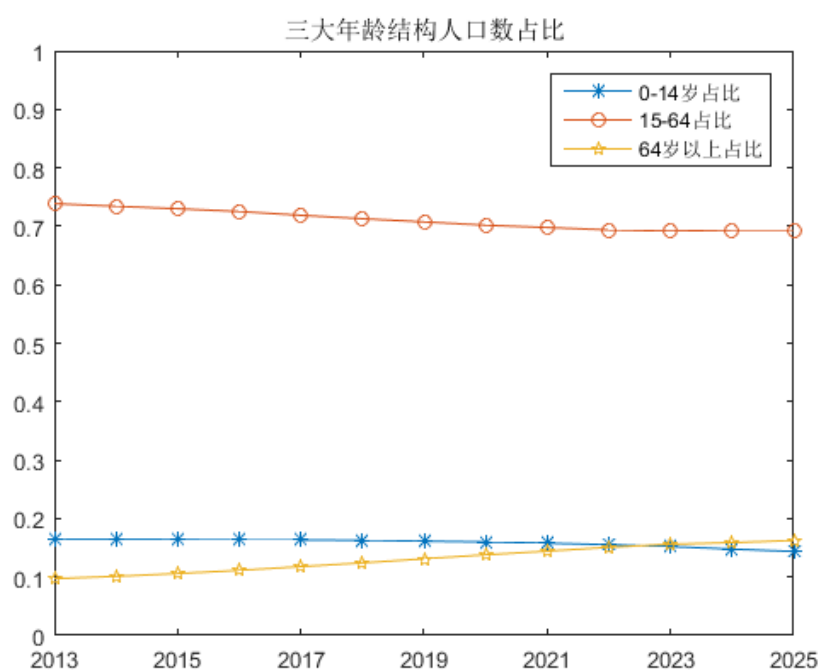
人口预测图像为：



从图中可以看出，如果没有单独二孩和全面二孩政策，人口数量增长的速度逐渐下滑，且在 2024 年和 2025 年接近峰值，有减少的趋势。下面我们再看 0-14 岁、15-64 岁和 65 岁及 65 岁以上人数的变化趋势。



从图中可以看出，儿童和青年人的人口数在逐渐递减，而老年人数在逐渐递增，这也能反映出中国老龄化程度日益严重，实施二孩政策成为必然。



## 5.6 考虑单独二孩政策的人口趋势

为了估计单独二孩政策对于人口趋势的影响情况，我们首先需要估计出单独二孩政策对生育率的平均影响因子 $\varpi_1$ ，根据公式：

$$\omega_1(x,t) = \begin{cases} \left\{1 + \varpi_1 \left(\frac{x-14}{32}\right)\right\}^{\frac{1}{t}} & 15 \leq x \leq 32 \\ \left\{1 + \varpi_1 \left(\frac{50-x}{32}\right)\right\}^{\frac{1}{t}} & 32 < x \leq 49 \end{cases}$$

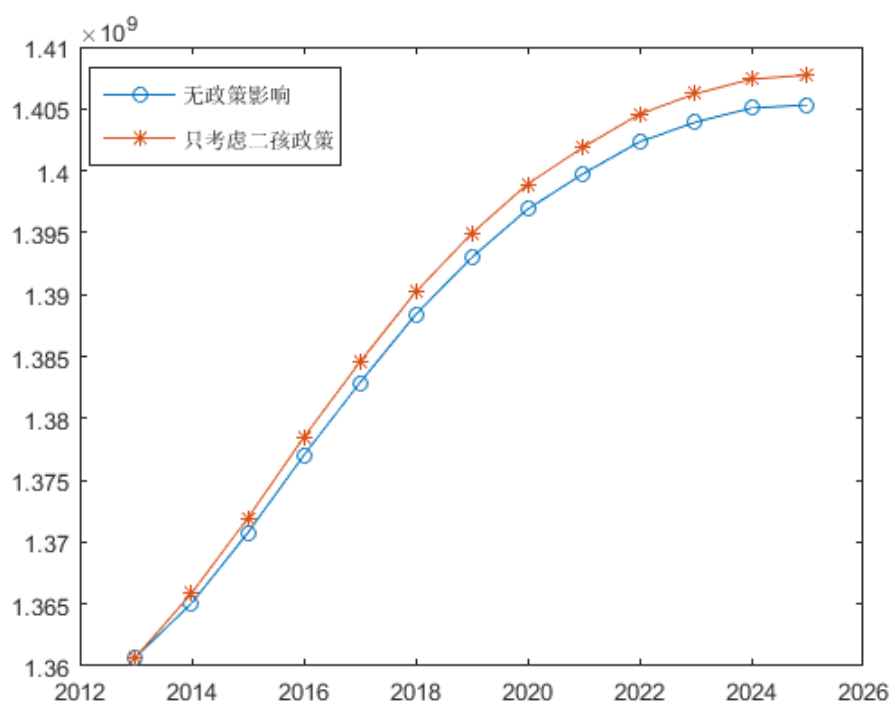
根据常识这里的 $\varpi_1$ 是一个不太大的正数，因此我们在 matlab 中通过选取位于区间 $[0.001, 3]$ 上同的 $\varpi_1$ ，选取步长为0.00001进行循环，输出最后使得2014年与2015年新预测出的结果的和与原来2014年和2015年预测结果的和的差额与截止到2015年底实际申请单独二孩政策成功的人数200万之间的差额的绝对值小于100的 $\varpi_1$ 的值。

最终得到 $\varpi=0.1468$ ，因此我们将其带入方程中，可以计算出2014年到2025年单独二孩政策对于女性生育率的影响程度。将其乘以对应年份和对应年龄的女性生育率，我们可以得到2014年到2025年预测的生育率。最终通过Leslie人口变化迭代等式，我们可得到只考虑单独二孩政策的人口结构。

预测结果如下表所示：

年份	不考虑政策	单独二孩	差额大小
2013	1360720000	1360720000	0
2014	1365073502	1365882953	809451
2015	1370744129	1371935060	1190932
2016	1376998682	1378446361	1447680
2017	1382851329	1384516716	1665387
2018	1388372763	1390187119	1814356
2019	1392981860	1394918806	1936946
2020	1396885366	1398921053	2035687
2021	1399776475	1401920740	2144265
2022	1402327086	1404569576	2242490
2023	1403925371	1406220169	2294798
2024	1405049243	1407394751	2345508
2025	1405323792	1407726084	2402291

从表中最后一列可以看出，差额的大小在逐渐增加，2014年人口多上升了81万，2015年人口多上升了119万，两者的和正好是申请单独二孩政策的夫妇总人数。下面是与无政策情况预测相比的图像：



从图上来看，单独二孩政策的效果并不是很明显，因此 2015 年下半年国家宣布在 2016 年元旦起全面放开二孩政策。

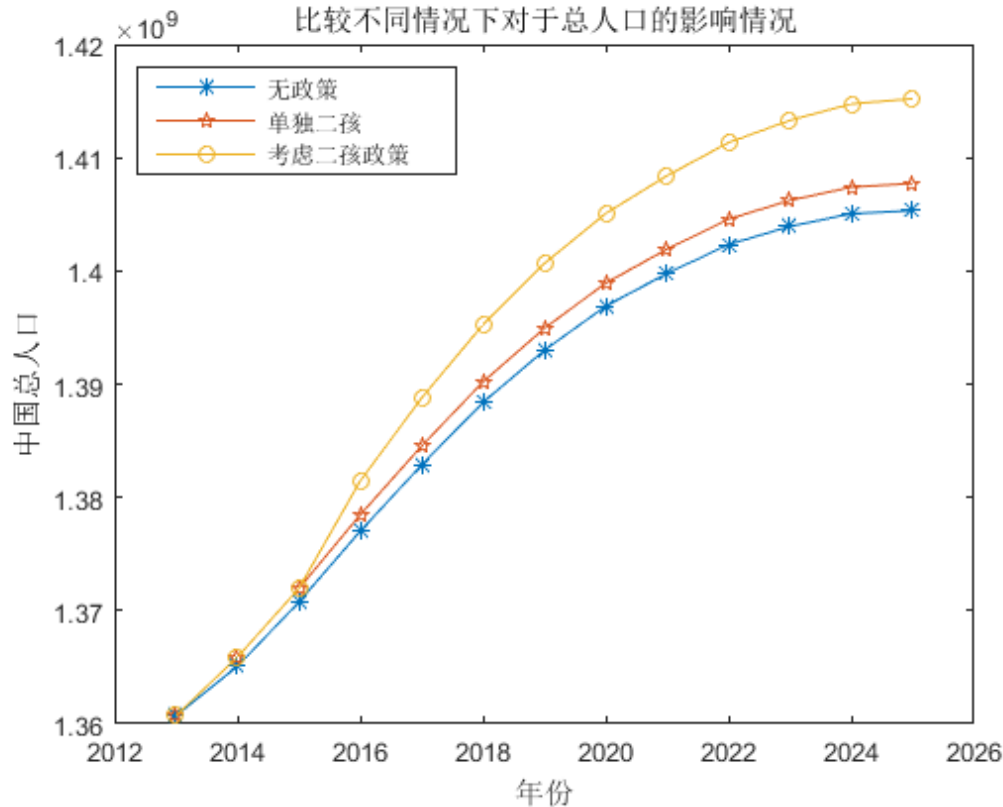
### 5.7 考虑全面二孩政策的人口趋势

与单独二孩政策时求解类似，由于在 2016 年全面实施二孩政策，因此根据前面的假设， $\varpi_2 = 4\varpi$ 。将 2013 年和 2014 年的生育率乘以对应的  $w_1(x, t)$ ，将 2015 年至 2024 年的生育率乘以对应的  $w_2(x, t)$ ，得到新的生育率矩阵。将新的生育率矩阵带入 Leslie 人口变化迭代等式后，我们可以预测出未来人口变化情况。

年份	不考虑政策	全面二孩	差额
2013	1360720000	1360720000	0
2014	1365073502	1365882953	809451
2015	1370744129	1371935060	1190932
2016	1376998682	1381435425	4436743
2017	1382851329	1388765616	5914287
2018	1388372763	1395239766	6867002
2019	1392981860	1400642997	7661137
2020	1396885366	1405068601	8183235
2021	1399776475	1408409914	8633439
2022	1402327086	1411326007	8998921
2023	1403925371	1413291103	9365732
2024	1405049243	1414746980	9697737
2025	1405323792	1415197149	9873357

可以看到，最初 2014 年和 2015 年的预测结果与实施单独二孩政策的结果完全相同，而在全面二孩政策实施的第一年，差额到上升 444 万。

下面是三种情况的对比图：



可以看到，受到全面二孩政策的影响，中国人口会有一个较大的提高，10 年之后增加的总人数累计接近 1000 万。

下面我们看看实施全面二孩后中国未来十年抚养比的变化情况。

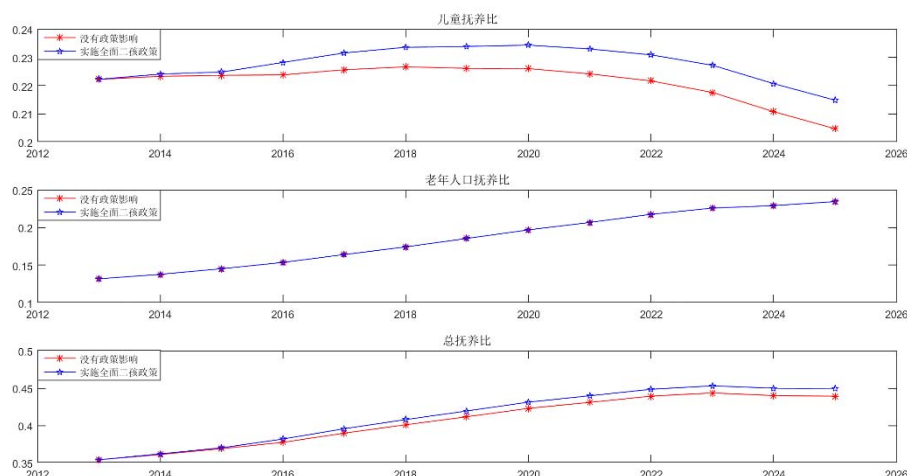
抚养比可分为总抚养比、少儿抚养比和老年抚养比。少儿抚养比是指 0～14 岁人口占 15～64 岁劳动年龄人口的比重，老年抚养比是指 65 岁以上人口占 15～64 岁劳动年龄人口的比重。总抚养比为少儿抚养比与老年抚养比二者之和。

<sup>1</sup>

因此我们将比较不采取二孩政策时与采取全面二孩政策时，预测年限内三类抚养比的变化情况：

如下图所示：

<sup>1</sup> 本段摘选自 MBA 智库百科



从图中可以看出全面二孩政策对于老年人口抚养比至少在短期 15 年以来不会起到改善作用，但儿童抚养比会有逐渐上升的趋势，因此总抚养比也会逐渐上升。

另外，由于本文取全面二孩影响因子是单独二孩影响因子的 4 倍具有主观性，因此本文下表给出了当影响因子倍数为 1-9 时，2025 年中国人口数量。

倍数	人口	一阶差分
1	1408778834	
2	1410969001	2190167
3	1413106832	2137832
4	1415197149	2090317
5	1417244087	2046938
6	1419251226	2007139
7	1421221687	1970461
8	1423158215	1936527
9	1425063232	1905017

可以看出，随着倍数增加一个单位，我国总人口会增加 200 万左右。

## 6 模型评价

### 6.1 模型的优点

1. 本文将每一岁作为单独的一个年龄段用于预测下一年的人口，与选取相邻的 5 岁为一个年龄段的模型相比，预测结果更为精确。
2. 本文根据二孩政策的特点，将单独二孩政策和全面二孩政策分别引入了两个用于度量影响程度的函数，其既能反映影响程度随时间减弱的特点，又能反映出不同年龄的女性对于政策的反应程度。



3. 本文没有直接选用固定的死亡率带入模型进行预测，因为死亡率会随着经济的发展和医疗水平的提高而减少，因此本文根据 1997 年至 2012 年的死亡率采用了更精确的指数拟合模型预测了未来 13 年的死亡率。

## 6.2 模型的缺点

1. 本文中对于全面二孩政策的影响程度的选取具有主观性，即影响因子的倍数大小可能大于 4，也可能小于 4。
2. 对于影响程度函数的形式可能需要作出更进一步的合理设计。
3. 缺乏对未来男女性别比的反映，按照已知数据可知，男女性别比接近 1.05:1，而不是本文假设的 1:1
4. 由于预测了未来 13 年的死亡率，预测的准确度未知，有可能对预测结果起到了反作用，增加了预测误差。

## 7 参考文献

- [1]赵丽棉,黄基廷.基于 Leslie 模型的中国人口发展预测与分析[J].数学的实践与认识,2010,40(23):101-106.
- [2]严政人,魏玉蕊,陈庆炜等.基于 Leslie 模型分析“全面二孩”政策对人口数量影响[J].湖北科技学院学报,2016,36(7):44-47.
- [3]姚君,蔡吉花,焦艳会等.改进的 Leslie 离散型人口模型在黑龙江省人口预测中的应用[J].高师理科学刊,2014,(4):22-24.
- [4]牟欣,臧迪,于海燕等."单独二胎"政策对中国未来人口数量、结构及其影响的研究[J].决策与信息 (下旬刊) ,2015,(12):151.
- [5]陆洲,陈卫竹,吴金鹏等.基于"二孩政策"下的人口结构可持续发展的定量分析[J].经济研究导刊,2017,(7):56-57
- [6]齐美东,戴梦宇,郑焱焱. “全面放开二孩” 政策对中国人口出生率的冲击与趋势探讨[J]. 中国人口·资源与环境,2016,(09):1-10.
- [7]梅正阳, 韩志斌. 2012. 数学建模教程[M]. 北京: 科学出版社
- [8]刘思峰, 谢乃明, 等. 2008. 灰色系统理论及其应用[M]. 4 版. 北京: 科学出版社

## 8 附录

8.1 附录一：中国 1997 年-2012 年总计 16 年的女性按年龄死亡率（‰）

Year	t	age0	age1	age2	age3	age4	age5	age6
1997	1	42.99	3.75	2.02	1.63	0.71	0.84	0.38
1998	2	37.62	2.71	2.36	1.44	1.90	0.89	0.47
1999	3	30.89	1.28	2.10	0.86	1.86	1.10	0.34
2000	4	32.10	2.64	1.61	1.15	0.80	0.63	0.50
2001	5	24.29	0.68	2.26	0.75	0.43	0.82	0.11
2002	6	21.50	1.30	0.65	0.35	0.34	0.41	0.63
2003	7	16.70	1.58	1.98	1.08	0.25	0.23	0.80
2004	8	14.36	0.60	0.93	0.85	0.08	0.39	0.19
2005	9	14.41	1.47	0.87	0.55	0.51	0.54	0.24
2006	10	19.10	0.49	0.52	0.84	0.94	0.14	0.13
2007	11	14.10	0.88	1.13	0.56	0.54	0.68	0.15
2008	12	15.23	2.89	0.90	1.09	0.69	0.19	0.17
2009	13	7.88	1.23	0.74	0.85	0.16	0.24	0.45
2010	14	3.92	1.06	0.57	0.39	0.32	0.29	0.26
2011	15	3.53	0.73	0.31	0.24	0.22	0.18	0.13
2012	16	2.79	1.01	0.19	0.56	0.70	0.16	0.06
Year	t	age7	age8	age9	age10	age11	age12	age13
1997	1	0.69	0.47	0.35	0.72	0.84	0.43	0.36
1998	2	0.29	0.96	0.38	0.08	0.49	0.44	0.11
1999	3	0.355	0.33	0.27	0.22	0.4	0.31	0.3
2000	4	0.42	0.38	0.33	0.34	0.31	0.33	0.33
2001	5	0.6	0.39	0.01	0.61	0.27	0.2	0.37
2002	6	0.34	0.12	0.07	0.34	0.26	0.17	0.57
2003	7	0.81	0.185	0.62	0.26	0.53	0.41	1.07
2004	8	0.39	0.25	0.18	0.85	0.51	0.53	0.51
2005	9	0.18	0.23	0.26	0.23	0.31	0.28	0.24
2006	10	0.07	0.25	0.3	0.47	0.18	0.07	0.15
2007	11	0.08	0.33	0.09	0.26	0.235	0.07	0.11
2008	12	0.49	0.265	0.32	0.14	0.29	0.26	0.24
2009	13	0.14	0.2	0.45	0.49	0.32	0.23965	0.08
2010	14	0.211	0.2121	0.2023	0.2295	0.2243	0.2193	0.2159
2011	15	0.42	0.5	0.5	0.3	0.75	0.13	0.34
2012	16	0.17	0.25	0.17	0.2	0.22	0.38	0.17
Year	t	age14	age15	age16	age17	age18	age19	age20
1997	1	0.24	1.11	0.46	0.8	1.17	0.58	1.35
1998	2	0.29	1.09	0.5	0.46	0.53	1.66	0.82
1999	3	0.42	0.53	0.4	1.38	0.74	1.23	1.17
2000	4	0.35	0.4	0.41	0.45	0.55	0.57	0.66
2001	5	0.3	0.35	0.26	0.03	0.82	1.04	0.57
2002	6	0.2	0.39	0.42	0.18	0.46	0.23	0.14
2003	7	0.22	0.25	0.22	0.4	0.8	0.7	0.93
2004	8	0.44	0.58	0.36	0.2	0.57	0.79	0.39

2005	9	0.31	0.32	0.4	0.46	0.5	0.59	0.47
2006	10	0.5	0.26	0.72	0.18	0.82	0.58	0.57
2007	11	0.37	0.11	0.25	0.19	0.33	0.46	0.19
2008	12	0.295	0.37	0.24	0.37	0.2	0.33	0.12
2009	13	0.22	0.3004	0.11	0.12	0.58	0.3	0.3
2010	14	0.209	0.2308	0.2288	0.2507	0.2616	0.2519	0.2781
2011	15	0.17	0.1654	0.1	0.23	0.47	0.49	0.33905
2012	16	0.085	0.1	0.05	0.14	0.27	0.32	0.4
<b>Year</b>	<b>t</b>	<b>age21</b>	<b>age22</b>	<b>age23</b>	<b>age24</b>	<b>age25</b>	<b>age26</b>	<b>age27</b>
1997	1	0.35	0.37	1	1.33	2.25	0.71	1.24
1998	2	0.31	1.8	1.49	1.74	0.84	0.88	1.08
1999	3	0.58	1.39	1.55	0.53	1.11	0.72	1.07
2000	4	0.67	0.73	0.75	0.81	0.83	0.8	0.84
2001	5	0.65	0.71	0.98	0.12	1.08	1.62	0.86
2002	6	0.41	0.29	1.15	0.28	0.78	0.31	0.82
2003	7	0.32	1.1	0.71	1.74	0.74	0.81	0.98
2004	8	0.45	0.27	0.66	0.67	0.44	0.35	1.06
2005	9	0.54	0.61	0.44	0.51	0.7	0.5	0.53
2006	10	0.74	0.33	0.59	0.76	0.46	0.97	0.54
2007	11	0.57	1.14	0.78	0.42	0.54	0.71	0.88
2008	12	0.44	0.24	0.53	0.39	0.52	0.23	0.26
2009	13	0.57	0.25	0.33	0.12	0.72	0.75	0.47
2010	14	0.284	0.3032	0.3252	0.3381	0.3485	0.3452	0.37
2011	15	0.17	0.21	0.24	0.24	0.23	0.43	0.12
2012	16	0.09	0.36	0.44	0.13	0.37	0.52	0.12
<b>Year</b>	<b>t</b>	<b>age28</b>	<b>age29</b>	<b>age30</b>	<b>age31</b>	<b>age32</b>	<b>age33</b>	<b>age34</b>
1997	1	1.38	0.94	1.97	1.08	0.73	1.01	1.06
1998	2	1.35	1.04	1.43	0.79	0.89	0.92	1.04
1999	3	1.55	2.03	1.53	0.59	1.68	0.87	1.1
2000	4	0.84	0.89	0.95	0.94	1	0.97	1.05
2001	5	0.91	1.14	0.81	1.08	0.96	0.96	0.6
2002	6	0.87	1	0.95	1.56	0.84	1.41	0.85
2003	7	0.64	1.14	0.35	0.94	0.87	0.9	0.5
2004	8	0.93	1.19	1.29	0.97	0.51	0.92	0.77
2005	9	0.52	0.74	0.63	0.65	0.89	0.87	0.87
2006	10	0.83	0.36	1.15	1.01	0.99	0.87	0.98
2007	11	0.43	0.55	0.57	1.14	0.7	0.54	0.52
2008	12	1.13	0.13	1.33	0.68	0.7	0.81	0.73
2009	13	0.48	0.81	0.47	0.53	1.24	0.6	0.23
2010	14	0.360	0.4131	0.4392	0.4754	0.4856	0.496	0.5981
2011	15	0.22	0.33	0.74	0.42	0.48	0.33	0.77
2012	16	0.38	0.67	0.3	0.07	0.25	0.75	0.7
<b>Year</b>	<b>t</b>	<b>age35</b>	<b>age36</b>	<b>age37</b>	<b>age38</b>	<b>age39</b>	<b>age40</b>	<b>age41</b>
1997	1	1	0.61	1.54	1.34	1.78	0.8	2.31
1998	2	0.2	1.12	1.78	1.38	1.51	1.64	1.77
1999	3	1.48	0.64	0.61	1.35	1.92	1.53	2.28

2000	4	1.14	1.09	1.19	1.23	1.39	1.53	1.51
2001	5	1.38	1.73	0.4	1.3	1	0.56	0.88
2002	6	1.8	1.32	1.54	1.58	2.05	2.16	2.47
2003	7	0.78	1.32	0.82	1.2	1.38	0.72	1.34
2004	8	0.79	0.91	0.99	1.27	1.51	1.89	1.63
2005	9	0.84	1.06	1.17	1.02	1.2	1.1	1.33
2006	10	0.93	0.45	1.14	1.01	2.25	1.49	0.82
2007	11	0.26	0.39	0.89	1.46	0.99	0.96	1.51
2008	12	0.87	0.75	0.95	0.49	0.53	0.98	0.81
2009	13	0.63	0.64	0.78	0.53	0.81	0.89	1.19
2010	14	0.618	0.6576	0.6997	0.7489	0.8208	0.9617	0.9821
2011	15	0.35	0.92	0.37	0.4	1.4	0.71	0.43
2012	16	1.51	0.86	0.38	0.46	1.1	0.72	1.13
<b>Year</b>	<b>t</b>	<b>age42</b>	<b>age43</b>	<b>age44</b>	<b>age45</b>	<b>age46</b>	<b>age47</b>	<b>age48</b>
1997	1	0.67	2.11	1.98	2.04	2.52	2.23	3.35
1998	2	1.76	2.2	1.8	3.65	1.57	3.07	3.8
1999	3	1.27	2.31	1.48	2.18	2.93	2.34	2.32
2000	4	1.69	1.77	1.93	2.17	2.31	2.56	2.78
2001	5	1.23	1.09	2.13	1.63	2.27	2.45	2.66
2002	6	0.88	2.11	2.6	1.69	1.97	1.91	2.69
2003	7	1.15	1.38	1.68	1.46	2.08	1.22	1.73
2004	8	1.16	0.7	2.16	3.03	2.12	2.2	2.72
2005	9	1.13	1.57	1.54	1.79	2.04	2.01	2.6
2006	10	1.42	1.26	1.36	1.63	1.81	2.68	2.14
2007	11	1.35	2.34	1.67	0.94	1.14	1.98	1.64
2008	12	1.51	1.16	1.6	0.93	1	1.62	1.56
2009	13	0.91	0.62	1.33	1.28	1.84	3.53	0.72
2010	14	1.152	1.1828	1.324	1.4915	1.5071	1.6416	2.0114
2011	15	1.91	0.96	1.2	1.45	2.12	1.65	1.49
2012	16	1.13	1.38	1.75	1.33	1.68	1.62	1.62
<b>Year</b>	<b>t</b>	<b>age49</b>	<b>age50</b>	<b>age51</b>	<b>age52</b>	<b>age53</b>	<b>age54</b>	<b>age55</b>
1997	1	3.44	2.64	3.82	5.91	3.83	7.56	5.75
1998	2	2.4	3.66	2.32	3.65	6.04	2.56	5.18
1999	3	3.67	3.02	4.06	2.38	4.39	4.98	5.72
2000	4	3.17	3.67	3.69	4.2	4.54	5.12	5.56
2001	5	3.06	3.34	3.99	4.99	3.85	5.37	4.3
2002	6	3.33	2.77	3.77	3.16	4.12	3.01	5.42
2003	7	1.97	2.62	2.36	2.2	1.62	2.97	3.92
2004	8	2.06	3.1	3.34	3.36	4.01	4.1	5.9
2005	9	2.44	2.97	2.75	3.23	3.44	4.16	3.95
2006	10	3.81	1.5	3.01	2.91	2.88	2.91	3.62
2007	11	2.2	2.97	2.96	2.88	2.74	4.43	3.15
2008	12	2.85	1.51	2.15	2.99	3.2	3.19	3.21
2009	13	1.09	2.32	3.63	2.76	3.31	3.06	3.64
2010	14	2.127	2.4093	2.5192	2.6412	2.9677	3.4072	3.5424
2011	15	1.75	3.21	2.26	2.63	1.98	3.57	3.27

2012	16	2.43	2.95	2.84	4.66	2.17	4.08	4.85
Year	t	age56	age57	age58	age59	age60	age61	age62
1997	1	3.89	7.62	9.87	6.21	8.76	10.86	12.26
1998	2	4.96	5.65	10.1	8.62	10.05	11.67	12.59
1999	3	7.76	6.53	7.66	9.59	9.62	7.25	14.98
2000	4	5.79	6.56	7.14	8.24	9.8	9.96	11.32
2001	5	4.32	4.24	7.52	5	11.85	10.72	11.32
2002	6	5.26	5.89	6.67	6.27	9.05	11.97	11.38
2003	7	3.32	2.77	2.25	3.4	4.72	3.71	5.75
2004	8	4.28	5.54	6.76	8.71	9.43	10.22	7.59
2005	9	4.91	5.09	5.66	6.83	7.59	7.75	9.2
2006	10	3.89	2.74	4.74	5.71	5.51	6.73	7.77
2007	11	4.48	4.67	5.52	7.08	3.94	4	7.81
2008	12	4.43	3.29	4.57	5.83	7.37	6.21	7.33
2009	13	3.32	4.77	4.33	3.4	5.92	3.38	6.78
2010	14	3.875	4.2305	4.7306	5.3974	6.0845	6.704	7.5524
2011	15	4.67	4.64	3.73	5.74	6.38	5.57	8.43
2012	16	4.33	4.01	5.21	6.45	6.18	7.56	8.08
Year	t	age63	age64	age65	age66	age67	age68	age69
1997	1	14.5	16.73	14.9	22.1	16.63	27.18	32.12
1998	2	14.13	12.32	14.34	20.62	15.29	23.44	21.38
1999	3	11.32	13.11	19.15	15.04	16.86	20.89	30.36
2000	4	12.14	13.92	15.53	16	18.6	21.54	24.97
2001	5	11.79	15.92	15.61	14.82	19.94	21.13	22.93
2002	6	12.81	15.73	14.92	13.86	23.9	22.95	26.64
2003	7	3.76	4.96	7	7.29	6.28	8.34	7.04
2004	8	12.53	10.77	15.04	14.75	14.98	15.28	19.11
2005	9	9.89	10.56	11.9	12.77	14.91	16.56	19.6
2006	10	7.27	10.28	8.08	13.6	12.86	13.54	19.71
2007	11	9.96	12.51	11.34	9.68	12.58	19.49	19.75
2008	12	10.11	11.34	11.74	11.67	11.56	14.37	21.5
2009	13	9.93	7.65	9.29	13.17	11.35	13.44	15.85
2010	14	8.158	9.6378	10.6747	11.0671	13.0651	14.1984	16.8179
2011	15	7.54	8.01	12.13	13.79	15.07	16.53	16.62
2012	16	8.62	9.53	10.67	10.73	10.15	11.08	13.87
Year	t	age70	age71	age72	age73	age74	age75	age76
1997	1	34.07	36.14	32.73	38.75	42.69	52.14	52.44
1998	2	31.3	31.08	35.31	30.47	36.46	51.81	46.45
1999	3	15.22	28.21	44.23	36.99	43.22	52.24	43.74
2000	4	28.9	30.12	35.43	37.48	41.01	45.46	49.99
2001	5	28.92	31.2	30.45	36.06	38.19	33.29	51.71
2002	6	26.93	29.5	29.08	33.7	33.53	52.92	37.04
2003	7	4.99	10.56	9.75	9.68	18.42	15.89	18.42
2004	8	22.41	22.84	29.87	31.67	38.75	42.97	43.92
2005	9	21.26	21.83	27.17	31.01	31.26	36.35	41.14
2006	10	16.07	22.76	26.98	21.73	26.98	33.28	28.55

2007	11	24.6	22.94	24.82	20.7	28.69	38.96	37.07
2008	12	20.35	21.95	28.32	28.55	33.78	32.63	34.13
2009	13	19.14	18.35	18.69	27.37	26.9	29.19	29.37
2010	14	19.82	21.146	24.563	26.9002	30.0405	33.3061	34.5124
2011	15	14.03	21.58	25.1	21.17	24.35	31.53	34.58
2012	16	21.27	18.56	18.37	28.04	30.94	28.36	42.44
Year	t	age77	age78	age79	age80	age81	age82	age83
1997	1	60.08	60.39	60.68	62.07	122.62	91.28	126.63
1998	2	45.69	71.44	66.81	78.29	62.86	95.23	122.5
1999	3	40.06	48.86	58.96	80.07	106.69	90.94	88.09
2000	4	54.35	62.69	72.77	85.11	89.91	99.48	107.84
2001	5	54.19	50.58	64.6	87.56	73.05	76.27	71.63
2002	6	62.93	52.58	66.03	70.42	81.2	76.11	91.72
2003	7	17.57	20.19	20.31	30.51	25.88	28.23	29.28
2004	8	54.58	53.71	51.49	75.74	53.08	82.85	90.82
2005	9	44.56	50.51	59.06	63.24	68.03	76.28	85.29
2006	10	39.67	41.01	41.73	63.7	57.39	46.38	66.47
2007	11	34.9	50.77	50.43	50	64.8	56.7	78.95
2008	12	54.74	40.6	43.08	57.14	54.04	69.95	70.78
2009	13	41.87	50.15	38.51	47.78	62.07	61.05	68.83
2010	14	41.98	46.716	52.4711	63.4002	67.2525	74.9311	82.2866
2011	15	46.64	39.14	56.66	64.57	65.27	83.91	84.06
2012	16	33.88	50.43	58.02	58.87	60.66	58.98	83.25
Year	t	age84	age85	age86	age87	age88	age89	age90
1997	1	101.6	137.79	110.17	110.82	106.63	113.38	258.8
1998	2	93.96	132.07	111.77	97.06	133.49	158.12	220.22
1999	3	110.0	120.05	155.55	151.14	152.34	153.72	238.97
2000	4	117.9	125.95	136.32	149.74	165.19	181.63	206.09
2001	5	82.92	111.57	114.88	125.44	115.81	172.13	224.58
2002	6	108.2	110.08	130.5	139.13	173.74	185.69	216.42
2003	7	35.33	36.13	49.26	39.17	34.4	50.84	67.08
2004	8	107.0	111.31	92.89	130.68	129.79	168.59	194.87
2005	9	99.38	105.84	107.79	128.19	123.73	147.61	191.82
2006	10	78.65	82.37	85.19	74.67	78.15	127.31	150.33
2007	11	70.6	72.62	102.1	94.13	130.56	83.5	163.49
2008	12	91.51	82.25	98.19	106.38	101.05	125.87	160.08
2009	13	76.29	62.71	76.62	102.92	136.65	125.05	150.93
2010	14	91.66	98.580	106.231	117.934	132.216	143.387	162.554
2011	15	61.5	97.79	83.6	98.3	136.87	133.03	155.45
2012	16	94.61	107.7	107	114	156.7	189.7	193.5

原始数据来源：1997年-2012年中国人口和就业统计年鉴，有部分数据为补充数据。

<http://data.cnki.net/area/yearbook/Single/N2013040142?z=D13>

## 8.2 附录二：使用指数预测的按年龄的女性死亡率

Year	t	age0	age1	age2	age3	age4	age5	age6	age7
2013	17	3.558	0.773	0.307	0.408	0.255	0.148	0.144	0.156
2014	18	3.017	0.729	0.269	0.381	0.236	0.132	0.134	0.145
2015	19	2.559	0.687	0.235	0.356	0.219	0.118	0.125	0.135
2016	20	2.170	0.648	0.206	0.332	0.204	0.105	0.116	0.126
2017	21	1.840	0.611	0.180	0.310	0.189	0.093	0.108	0.117
2018	22	1.560	0.576	0.157	0.289	0.175	0.083	0.101	0.109
2019	23	1.323	0.543	0.138	0.270	0.163	0.074	0.094	0.102
2020	24	1.122	0.512	0.120	0.252	0.151	0.066	0.088	0.095
2021	25	0.952	0.482	0.105	0.235	0.140	0.059	0.082	0.088
2022	26	0.807	0.455	0.092	0.220	0.130	0.053	0.076	0.082
2023	27	0.684	0.428	0.081	0.205	0.121	0.047	0.071	0.076
2024	28	0.580	0.404	0.071	0.191	0.112	0.042	0.066	0.071
2025	29	0.492	0.381	0.062	0.179	0.104	0.037	0.062	0.066
Year	t	age8	age9	age10	age11	age12	age13	age14	age15
2013	17	0.215	0.259	0.270	0.256	0.160	0.177	0.185	0.123
2014	18	0.207	0.265	0.266	0.247	0.152	0.169	0.177	0.110
2015	19	0.199	0.271	0.262	0.238	0.145	0.161	0.170	0.098
2016	20	0.192	0.278	0.259	0.230	0.138	0.154	0.163	0.087
2017	21	0.185	0.284	0.255	0.221	0.132	0.147	0.156	0.078
2018	22	0.178	0.291	0.252	0.214	0.126	0.141	0.149	0.069
2019	23	0.171	0.298	0.248	0.206	0.120	0.134	0.143	0.062
2020	24	0.165	0.305	0.245	0.199	0.114	0.129	0.137	0.055
2021	25	0.159	0.312	0.241	0.192	0.109	0.123	0.131	0.049
2022	26	0.153	0.320	0.238	0.185	0.103	0.117	0.126	0.043
2023	27	0.148	0.327	0.235	0.179	0.099	0.112	0.120	0.039
2024	28	0.142	0.335	0.232	0.172	0.094	0.107	0.115	0.034
2025	29	0.137	0.343	0.228	0.166	0.089	0.102	0.111	0.031
Year	t	age16	age17	age18	age19	age20	age21	age22	age23
2013	17	0.109	0.142	0.288	0.278	0.198	0.254	0.239	0.280
2014	18	0.098	0.132	0.269	0.257	0.180	0.241	0.219	0.253
2015	19	0.089	0.123	0.251	0.237	0.164	0.229	0.201	0.229
2016	20	0.080	0.114	0.235	0.219	0.150	0.217	0.185	0.208
2017	21	0.072	0.106	0.220	0.203	0.136	0.206	0.170	0.188
2018	22	0.065	0.099	0.205	0.188	0.124	0.195	0.156	0.170
2019	23	0.058	0.092	0.192	0.173	0.113	0.185	0.143	0.154
2020	24	0.052	0.085	0.179	0.160	0.103	0.176	0.131	0.139
2021	25	0.047	0.079	0.167	0.148	0.094	0.167	0.120	0.126
2022	26	0.042	0.074	0.156	0.137	0.086	0.158	0.110	0.114
2023	27	0.038	0.069	0.146	0.127	0.078	0.150	0.101	0.103
2024	28	0.034	0.064	0.137	0.117	0.071	0.142	0.093	0.093
2025	29	0.031	0.059	0.128	0.108	0.065	0.135	0.085	0.085
Year	t	age24	age25	age26	age27	age28	age29	age30	age31
2013	17	0.177	0.284	0.401	0.184	0.308	0.332	0.418	0.320
2014	18	0.158	0.257	0.383	0.161	0.280	0.303	0.387	0.292

2015	19	0.142	0.234	0.366	0.141	0.254	0.278	0.358	0.266
2016	20	0.127	0.212	0.350	0.123	0.231	0.254	0.331	0.243
2017	21	0.114	0.193	0.334	0.108	0.209	0.232	0.306	0.222
2018	22	0.102	0.175	0.319	0.094	0.190	0.213	0.283	0.203
2019	23	0.091	0.159	0.304	0.083	0.172	0.195	0.262	0.185
2020	24	0.081	0.144	0.291	0.072	0.157	0.178	0.242	0.169
2021	25	0.073	0.131	0.278	0.063	0.142	0.163	0.224	0.154
2022	26	0.065	0.119	0.265	0.055	0.129	0.149	0.207	0.141
2023	27	0.058	0.108	0.253	0.048	0.117	0.136	0.192	0.129
2024	28	0.052	0.098	0.242	0.042	0.106	0.125	0.177	0.118
2025	29	0.047	0.089	0.231	0.037	0.096	0.114	0.164	0.107
Year	t	age32	age33	age34	age35	age36	age37	age38	age39
2013	17	0.472	0.511	0.503	0.657	0.679	0.525	0.488	0.879
2014	18	0.447	0.486	0.481	0.643	0.663	0.496	0.450	0.842
2015	19	0.422	0.462	0.461	0.630	0.646	0.468	0.416	0.807
2016	20	0.399	0.439	0.441	0.618	0.630	0.442	0.384	0.773
2017	21	0.378	0.418	0.423	0.605	0.615	0.417	0.355	0.740
2018	22	0.357	0.397	0.405	0.593	0.600	0.394	0.327	0.709
2019	23	0.338	0.377	0.388	0.581	0.585	0.372	0.302	0.679
2020	24	0.319	0.359	0.371	0.570	0.571	0.351	0.279	0.651
2021	25	0.302	0.341	0.356	0.558	0.557	0.331	0.258	0.623
2022	26	0.286	0.324	0.340	0.547	0.543	0.313	0.238	0.597
2023	27	0.270	0.308	0.326	0.536	0.530	0.295	0.220	0.572
2024	28	0.255	0.293	0.312	0.525	0.517	0.278	0.203	0.548
2025	29	0.241	0.278	0.299	0.515	0.504	0.263	0.188	0.525
Year	t	age40	age41	age42	age43	age44	age45	age46	age47
2013	17	0.831	0.726	1.332	0.934	1.365	1.093	1.446	1.752
2014	18	0.806	0.679	1.345	0.890	1.331	1.039	1.403	1.715
2015	19	0.781	0.635	1.357	0.849	1.298	0.988	1.362	1.680
2016	20	0.758	0.595	1.370	0.809	1.267	0.939	1.321	1.645
2017	21	0.735	0.556	1.383	0.771	1.236	0.893	1.282	1.610
2018	22	0.712	0.520	1.397	0.735	1.205	0.849	1.244	1.577
2019	23	0.691	0.487	1.410	0.701	1.176	0.807	1.207	1.544
2020	24	0.670	0.456	1.423	0.668	1.147	0.767	1.171	1.512
2021	25	0.650	0.426	1.437	0.637	1.119	0.729	1.137	1.480
2022	26	0.630	0.399	1.451	0.607	1.091	0.693	1.103	1.449
2023	27	0.611	0.373	1.464	0.579	1.064	0.659	1.070	1.419
2024	28	0.592	0.349	1.478	0.552	1.038	0.626	1.039	1.390
2025	29	0.574	0.327	1.492	0.526	1.013	0.596	1.008	1.361
Year	t	age48	age49	age50	age51	age52	age53	age54	age55
2013	17	1.233	1.819	2.288	2.500	2.766	2.196	3.188	3.245
2014	18	1.158	1.752	2.243	2.445	2.710	2.096	3.116	3.137
2015	19	1.088	1.688	2.198	2.391	2.656	1.999	3.046	3.033
2016	20	1.022	1.626	2.155	2.338	2.603	1.908	2.977	2.932
2017	21	0.961	1.567	2.112	2.287	2.551	1.820	2.910	2.834
2018	22	0.903	1.510	2.070	2.236	2.501	1.737	2.845	2.740



2019	23	0.848	1.454	2.029	2.187	2.451	1.657	2.780	2.649
2020	24	0.797	1.401	1.989	2.139	2.402	1.581	2.718	2.561
2021	25	0.749	1.350	1.950	2.091	2.354	1.509	2.657	2.475
2022	26	0.703	1.301	1.911	2.045	2.307	1.439	2.597	2.393
2023	27	0.661	1.253	1.874	2.000	2.261	1.373	2.538	2.313
2024	28	0.621	1.207	1.837	1.956	2.216	1.310	2.481	2.236
2025	29	0.583	1.163	1.800	1.913	2.171	1.250	2.425	2.162
Year	t	age56	age57	age58	age59	age60	age61	age62	age63
2013	17	3.876	3.531	3.670	5.042	5.163	4.757	6.437	7.472
2014	18	3.809	3.414	3.487	4.925	4.955	4.529	6.182	7.234
2015	19	3.743	3.301	3.314	4.810	4.756	4.311	5.937	7.004
2016	20	3.678	3.192	3.149	4.698	4.564	4.105	5.703	6.781
2017	21	3.615	3.087	2.992	4.589	4.380	3.908	5.477	6.566
2018	22	3.553	2.984	2.843	4.482	4.204	3.720	5.260	6.357
2019	23	3.491	2.886	2.702	4.378	4.035	3.542	5.052	6.155
2020	24	3.431	2.790	2.567	4.276	3.872	3.372	4.852	5.959
2021	25	3.372	2.698	2.440	4.177	3.716	3.210	4.661	5.770
2022	26	3.314	2.608	2.318	4.079	3.567	3.056	4.476	5.586
2023	27	3.257	2.522	2.203	3.984	3.423	2.910	4.299	5.409
2024	28	3.200	2.439	2.093	3.892	3.285	2.770	4.129	5.237
2025	29	3.145	2.358	1.989	3.801	3.153	2.637	3.966	5.070
Year	t	age64	age65	age66	age67	age68	age69	age70	age71
2013	17	8.106	9.371	10.027	10.966	11.743	14.203	16.209	17.393
2014	18	7.823	9.081	9.694	10.653	11.261	13.684	15.792	16.794
2015	19	7.550	8.799	9.373	10.348	10.800	13.185	15.385	16.216
2016	20	7.286	8.527	9.062	10.053	10.357	12.703	14.988	15.657
2017	21	7.032	8.262	8.761	9.765	9.932	12.239	14.602	15.118
2018	22	6.786	8.006	8.471	9.486	9.525	11.793	14.226	14.598
2019	23	6.549	7.758	8.190	9.215	9.134	11.362	13.859	14.095
2020	24	6.321	7.518	7.918	8.951	8.759	10.947	13.502	13.610
2021	25	6.100	7.285	7.656	8.695	8.400	10.547	13.154	13.141
2022	26	5.887	7.059	7.402	8.447	8.056	10.162	12.815	12.688
2023	27	5.682	6.840	7.156	8.205	7.725	9.791	12.485	12.251
2024	28	5.483	6.628	6.919	7.971	7.409	9.434	12.163	11.830
2025	29	5.292	6.423	6.689	7.743	7.105	9.089	11.849	11.422
Year	t	age72	age73	age74	age75	age76	age77	age78	age79
2013	17	19.530	22.062	25.427	27.055	31.020	38.270	40.828	44.821
2014	18	18.862	21.499	24.741	26.111	30.296	37.668	40.074	44.055
2015	19	18.217	20.950	24.074	25.200	29.589	37.075	39.334	43.303
2016	20	17.594	20.415	23.425	24.321	28.899	36.491	38.607	42.564
2017	21	16.992	19.894	22.794	23.472	28.224	35.916	37.894	41.837
2018	22	16.411	19.386	22.179	22.653	27.566	35.351	37.194	41.123
2019	23	15.849	18.891	21.582	21.863	26.922	34.794	36.507	40.421
2020	24	15.307	18.409	21.000	21.100	26.294	34.246	35.833	39.730
2021	25	14.784	17.939	20.434	20.364	25.680	33.707	35.171	39.052
2022	26	14.278	17.481	19.883	19.653	25.081	33.176	34.522	38.385

2023	27	13.790	17.035	19.347	18.967	24.496	32.654	33.884	37.730
2024	28	13.318	16.600	18.826	18.306	23.924	32.139	33.258	37.086
2025	29	12.862	16.176	18.318	17.667	23.366	31.633	32.644	36.452
Year	t	age80	age81	age82	age83	age84	age85	age86	age87
2013	17	53.113	52.155	57.823	67.390	74.192	76.231	84.775	98.149
2014	18	52.051	50.712	56.529	65.977	72.933	74.257	83.032	97.186
2015	19	51.010	49.309	55.263	64.593	71.695	72.334	81.325	96.233
2016	20	49.990	47.944	54.027	63.238	70.478	70.462	79.653	95.288
2017	21	48.990	46.618	52.818	61.912	69.282	68.637	78.015	94.353
2018	22	48.011	45.328	51.635	60.613	68.107	66.860	76.411	93.428
2019	23	47.051	44.074	50.480	59.342	66.951	65.129	74.840	92.511
2020	24	46.110	42.854	49.350	58.097	65.815	63.443	73.301	91.603
2021	25	45.188	41.669	48.246	56.879	64.698	61.800	71.794	90.704
2022	26	44.284	40.516	47.166	55.686	63.600	60.200	70.318	89.814
2023	27	43.399	39.395	46.110	54.518	62.520	58.641	68.872	88.933
2024	28	42.531	38.305	45.078	53.375	61.459	57.123	67.456	88.060
Year	t	age88	age89	age90					
2013	17	123.212	131.367	143.188					
2014	18	123.732	130.940	139.591					
2015	19	124.255	130.514	136.085					
2016	20	124.779	130.089	132.666					
2017	21	125.306	129.666	129.334					
2018	22	125.835	129.244	126.085					
2019	23	126.367	128.823	122.918					
2020	24	126.900	128.404	119.831					
2021	25	127.436	127.986	116.821					
2022	26	127.974	127.569	113.886					
2023	27	128.514	127.154	111.026					
2024	28	129.057	126.740	108.237					
2025	29	129.602	126.328	105.518					

注：以上预测结果均保留了3位小数，实际计算按照原始预测结果带入计算

### 8.3 附录三：2013 年初始人数和男女比

年龄	女人数	男人数	男女比	女性生育率‰	女性死亡率‰
0	6531456	7756104	1.1875	0	3.55824476
1	6803600	7756104	1.14	0	0.77343245
2	6667528	7620032	1.142857143	0	0.30720313
3	7620032	9252896	1.214285714	0	0.40847173
4	7892176	9252896	1.172413793	0	0.25482428
5	7347888	8572536	1.166666667	0	0.14777572
6	7075744	8164320	1.153846154	0	0.14354688
7	6939672	8436464	1.215686275	0	0.15594012
8	6531456	8164320	1.25	0	0.21460950
9	6803600	8028248	1.18	0	0.25857609
10	6259312	7347888	1.173913043	0	0.26987441

11	6123240	7347888	1. 2	0	0.25562794
12	6667528	7756104	1. 163265306	0	0.15989977
13	6667528	7892176	1. 183673469	0	0.17657865
14	6395384	7620032	1. 191489362	0	0.18524542
15	7347888	8708608	1. 185185185	0.38	0.12327913
16	7620032	9252896	1. 214285714	2.03	0.10939697
17	8572536	9388968	1. 095238095	6.19	0.14216028
18	8300392	8844680	1. 06557377	13.71	0.28795697
19	7620032	7892176	1. 035714286	16.42	0.27778515
20	9525040	10613616	1. 114285714	32.95	0.19768839
21	9797184	11021832	1. 125	53.75	0.25446156
22	10341472	11566120	1. 118421053	64.1	0.23896432
23	13607200	14559704	1. 07	85.63	0.28003321
24	13198984	14151488	1. 072164948	98.26	0.17679530
25	11974336	12110408	1. 011363636	96.02	0.28365129
26	12790768	12790768	1	95.89	0.40125011
27	11566120	11566120	1	100.57	0.18449331
28	10341472	10205400	0. 986842105	96.39	0.30825779
29	9797184	10205400	1. 041666667	78.72	0.33169662
30	9525040	9661112	1. 014285714	61.5	0.41824293
31	10885760	11293976	1. 0375	61.94	0.31950379
32	9661112	10205400	1. 056338028	49.84	0.47216707
33	9525040	9661112	1. 014285714	45.3	0.51133885
34	9933256	10341472	1. 04109589	34.33	0.50268043
35	9525040	9797184	1. 028571429	29.6	0.65656516
36	8980752	9388968	1. 045454545	23	0.67936724
37	9797184	10749688	1. 097222222	16.87	0.52534350
38	10341472	10749688	1. 039473684	14.12	0.48765368
39	11566120	11702192	1. 011764706	12.53	0.87934490
40	11566120	12246480	1. 058823529	7.81	0.83100371
41	12246480	12518624	1. 022222222	5.19	0.72593737
42	11974336	12926840	1. 079545455	3.86	1.33200385
43	13471128	14015416	1. 04040404	4.25	0.93357862
44	12382552	12790768	1. 032967033	2.52	1.36455317
45	13062912	13607200	1. 041666667	2.89	1.09292221
46	10341472	10885760	1. 052631579	1.89	1.44622104
47	11702192	11974336	1. 023255814	1.75	1.75180642
48	11974336	12246480	1. 022727273	0.96	1.23282618
49	11430048	11974336	1. 047619048	1.37	1.81891028
50	13062912	13743272	1. 052083333	0	2.28777969
51	9797184	10069328	1. 027777778	0	2.50041628
52	5442880	5442880	1	0	2.76567826
53	6939672	7211816	1. 039215686	0	2.19638441
54	6123240	6531456	1. 066666667	0	3.18786821
55	7892176	8436464	1. 068965517	0	3.24510906
56	8708608	9252896	1. 0625	0	3.87555775

57	8300392	8708608	1.049180328	0	3.53130329
58	8572536	8708608	1.015873016	0	3.66989829
59	8708608	8708608	1	0	5.04236335
60	7892176	7892176	1	0	5.16327927
61	7892176	7892176	1	0	4.75689271
62	6939672	6803600	0.980392157	0	6.43661358
63	6395384	6531456	1.021276596	0	7.47163266
64	6259312	6259312	1	0	8.10586049
65	5442880	5442880	1	0	9.37126061
66	5170736	5170736	1	0	10.02671154
67	5034664	4898592	0.972972973	0	10.96646607
68	4354304	4218232	0.96875	0	11.74299006
69	3946088	4082160	1.034482759	0	14.20270516
70	3673944	3673944	1	0	16.20932289
71	3673944	3537872	0.962962963	0	17.39309966
72	3673944	3537872	0.962962963	0	19.53029289
73	3401800	3265728	0.96	0	22.06215001
74	2857512	2721440	0.952380952	0	25.42657482
75	3129656	2993584	0.956521739	0	27.05486299
76	2721440	2721440	1	0	31.02029402
77	2857512	2449296	0.857142857	0	38.27039907
78	2585368	2177152	0.842105263	0	40.82823512
79	2313224	1905008	0.823529412	0	44.82075702
80	2313224	2041080	0.882352941	0	53.11250903
81	1905008	1496792	0.785714286	0	52.15492892
82	1632864	1632864	1	0	57.82257396
83	1632864	1224648	0.75	0	67.39038478
84	1088576	952504	0.875	0	74.19210928
85	1224648	816432	0.666666667	0	76.23083302
86	816432	680360	0.833333333	0	84.77534289
87	680360	408216	0.6	0	98.14916284
88	680360	408216	0.6	0	123.21207367
89	544288	272144	0.5	0	131.36725900
90+	1496792	816432	0.545454545	0	143.18750782

数据来源：《中国人口和就业统计年鉴—2014》第二部分 2013 年全国人口变动情况抽样调查数据

## 8.4 Matlab 代码

### 灰色预测模型的代码

```
clc
clear
x0=[42.99 37.62 30.89 32.1 24.29 21.5 16.7 14.36 14.41 19.1 14.1 15.23 7.88
3.9182 3.53 2.79];
```

```

n=length(x0);
x1=cumsum(x0);%计算累加值
for i=2:n
    z(i)=0.49*(x1(i)+x1(i-1));
end
B=[-z(2:n)',ones(n-1,1)]; Y=x0(2:n)';
u=B\Y; %计算 a 和 b 的估计值
x0_1=zeros(1,n); x0_1(1)=x0(1);
for k = 1:n-1
    x0_1(k+1) = (1-exp(u(1)))*(x0(1)-u(2)/u(1))*exp(-u(1)*(k));
end
epsilon = x0 - x0_1;epsilon_r = abs(epsilon./x0)*100;%分别计算绝对残差和相对残差
sigma=x0(1:n-1)./x0(2:n);
rho = 1-(1-0.5*u(1))/(1+0.5*u(1))*sigma;%计算级比残差
t = 1997:(1996+length(x0));%以下为画图部分
figure(1);subplot(2,1,1);plot(t,epsilon);legend('绝对残差');
xlabel('年份');ylabel('死亡率残差 (‰) ');
subplot(2,1,2);plot(t,epsilon_r);legend('相对误差');
xlabel('年份');ylabel('相对误差 (%) ');
figure(2);plot(t,x0,'m.','MarkerSize',15)
hold on; plot(t,x0_1,'bo');legend('实际死亡率','预测死亡率');
xlabel('年份');ylabel('死亡率 (‰) ');title('GM(1,1)模型预测死亡率');
%级比残差绝对值与 0.1 比较
hold off;
figure(3)
nnnn=0.1*ones(15,1);
mmmm=-0.1*ones(15,1);
tttt=1998:(1996+length(x0));
plot(tttt,mmmm,tttt,nnnn,tttt,rho)

```

## 预测 $\varpi$ 的代码

```

n=zeros(3,91);
n(1,:)= [6531456 6803600 6667528 7620032 7892176 7347888 7075744 6939672
6531456 6803600 6259312 6123240 6667528 6667528 6395384 7347888 7620032
8572536 8300392 7620032 9525040 9797184 10341472 13607200 13198984
11974336 12790768 11566120 10341472 9797184 9525040 10885760 9661112
9525040 9933256 9525040 8980752 9797184 10341472 11566120 11566120
12246480 11974336 13471128 12382552 13062912 10341472 11702192 11974336
11430048 13062912 9797184 5442880 6939672 6123240 7892176 8708608
8300392 8572536 8708608 7892176 7892176 6939672 6395384 6259312 5442880
5170736 5034664 4354304 3946088 3673944 3673944 3673944 3401800 2857512
3129656 2721440 2857512 2585368 2313224 2313224 1905008 1632864 1632864
1088576 1224648 816432 680360 680360 544288 1496792];

```



```

mm=ones(3,91);
s=mm-d/1000;%存活率
b=f/2/1000; %生女率
%%%%%%%%%原来的预测
for i=2:3
    n(i,1)=0;
    for j=2:91
        dd=n(i-1,j-1)*b(1,j-1);
        n(i,1)=n(i,1)+dd;
        n(i,j)=n(i-1,j-1)*s(i-1,j-1);
    end
end
boygirl=[1.1875 1.14 1.142857143 1.214285714 1.172413793 1.166666667
1.153846154 1.215686275 1.25 1.18 1.173913043 1.2 1.163265306 1.183673469
1.191489362 1.185185185 1.214285714 1.095238095 1.06557377 1.035714286
1.114285714 1.125 1.118421053 1.07 1.072164948 1.011363636 1 1 0.986842105
1.041666667 1.014285714 1.0375 1.056338028 1.014285714 1.04109589
1.028571429 1.045454545 1.097222222 1.039473684 1.011764706 1.058823529
1.022222222 1.079545455 1.04040404 1.032967033 1.041666667 1.052631579
1.023255814 1.022727273 1.047619048 1.052083333 1.027777778 1 1.039215686
1.066666667 1.068965517 1.0625 1.049180328 1.015873016 1 1 0.980392157
1.021276596 1 1 0.972972973 0.96875 1.034482759 1 0.962962963 0.962962963
0.96 0.952380952 0.956521739 1 0.857142857 0.842105263 0.823529412
0.882352941 0.785714286 1 0.75 0.875 0.666666667 0.833333333 0.6 0.6 0.5
0.545454545];
nb=zeros(3,91);
for i=1:3
    for j=1:91
        nb(i,j)=n(i,j)*boygirl(1,j);
    end
end
gpeople=sum(n,2);
bpeople=sum(nb,2);
people=bpeople+gpeople
sum1=sum(people); %未经过处理的生育率求出的三年总人数
sumreal=sum1+2000000; %加上国家统计的 200 万单孩政策夫妇
%%%%%%%%%%%%%%
hhh=2;
xixi=zeros(hhh,91);
xishu=zeros(1,91);
for i=1:18
    xishu(1,15+i)=i/32;
end
for i=34:50;
    xishu(1,i)=(50+1-i)/32;
end
for w=0.001:0.00001:3
    for ttt=1:hhh
        xixi(ttt,:)=(((1.+(w.*xishu))))^(1/ttt).*b;
    end
end

```

```

for i=2:3
    n(i,1)=0;
    for j=2:91
        dd=n(i-1,j-1)*xixi(i-1,j-1);
        n(i,1)=n(i,1)+dd;
        n(i,j)=n(i-1,j-1)*s(i-1,j-1);
    end
end
boygirl=[1.1875 1.14 1.142857143 1.214285714 1.172413793 1.166666667
1.153846154 1.215686275 1.25 1.18 1.173913043 1.2 1.163265306 1.183673469
1.191489362 1.185185185 1.214285714 1.095238095 1.06557377 1.035714286
1.114285714 1.125 1.118421053 1.07 1.072164948 1.011363636 1 1 0.986842105
1.041666667 1.014285714 1.0375 1.056338028 1.014285714 1.04109589
1.028571429 1.045454545 1.097222222 1.039473684 1.011764706 1.058823529
1.022222222 1.079545455 1.04040404 1.032967033 1.041666667 1.052631579
1.023255814 1.022727273 1.047619048 1.052083333 1.027777778 1 1.039215686
1.066666667 1.068965517 1.0625 1.049180328 1.015873016 1 1 0.980392157
1.021276596 1 1 0.972972973 0.96875 1.034482759 1 0.962962963 0.962962963
0.96 0.952380952 0.956521739 1 0.857142857 0.842105263 0.823529412
0.882352941 0.785714286 1 0.75 0.875 0.666666667 0.833333333 0.6 0.6 0.5
0.545454545];
nb=zeros(3,91);
for i=1:3
    for j=1:91
        nb(i,j)=n(i,j)*boygirl(1,j);
    end
end
gpeople=sum(n,2);
bpeople=sum(nb,2);
people1=bpeople+gpeople;
sum2=sum(people1); %经过处理的生育率求出的三年总人数
if (sum2-sumreal<100&sum2-sumreal>0)|| (sumreal-sum2<100&sumreal-
sum2>0)
    w
    sum2-sumreal
    people1
end
end
end

```

## 不考虑二孩的代码

%这里是下面三个代码公共部分的开始

```

n=zeros(13,91);
n(1,:)= [6531456 6803600 6667528 7620032 7892176 7347888 7075744 6939672
6531456 6803600 6259312 6123240 6667528 6667528 6395384 7347888 7620032
8572536 8300392 7620032 9525040 9797184 10341472 13607200 13198984
11974336 12790768 11566120 10341472 9797184 9525040 10885760 9661112
9525040 9933256 9525040 8980752 9797184 10341472 11566120 11566120
12246480 11974336 13471128 12382552 13062912 10341472 11702192 11974336
11430048 13062912 9797184 5442880 6939672 6123240 7892176 8708608
8300392 8572536 8708608 7892176 7892176 6939672 6395384 6259312 5442880

```



5170736 5034664 4354304 3946088 3673944 3673944 3673944 3401800 2857512  
 3129656 2721440 2857512 2585368 2313224 2313224 1905008 1632864 1632864  
 1088576 1224648 816432 680360 680360 544288 1496792];  
 d=[3.55824476 0.77343245 0.30720313 0.40847173 0.25482428 0.14777572  
 0.14354688 0.15594012 0.21460950 0.25857609 0.26987441 0.25562794  
 0.15989977 0.17657865 0.18524542 0.12327913 0.10939697 0.14216028  
 0.28795697 0.27778515 0.19768839 0.25446156 0.23896432 0.28003321  
 0.17679530 0.28365129 0.40125011 0.18449331 0.30825779 0.33169662  
 0.41824293 0.31950379 0.47216707 0.51133885 0.50268043 0.65656516  
 0.67936724 0.52534350 0.48765368 0.87934490 0.83100371 0.72593737  
 1.33200385 0.93357862 1.36455317 1.09292221 1.44622104 1.75180642  
 1.23282618 1.81891028 2.28777969 2.50041628 2.76567826 2.19638441  
 3.18786821 3.24510906 3.87555775 3.53130329 3.66989829 5.04236335  
 5.16327927 4.75689271 6.43661358 7.47163266 8.10586049 9.37126061  
 10.02671154 10.96646607 11.74299006 14.20270516 16.20932289 17.39309966  
 19.53029289 22.06215001 25.42657482 27.05486299 31.02029402 38.27039907  
 40.82823512 44.82075702 53.11250903 52.15492892 57.82257396 67.39038478  
 74.19210928 76.23083302 84.77534289 98.14916284 123.21207367 131.36725900  
 143.18750782  
 3.01741624 0.72907653 0.26874934 0.38126225 0.23648501 0.13177377  
 0.13383007 0.14519711 0.20673641 0.26475508 0.26614909 0.24662407  
 0.15234043 0.16874404 0.17744186 0.10979725 0.09845098 0.13217588  
 0.26907760 0.25679478 0.18011918 0.24139064 0.21933712 0.25345081  
 0.15827572 0.25746859 0.38321500 0.16138369 0.27981772 0.30346755  
 0.38683293 0.29175527 0.44650803 0.48608358 0.48137912 0.64338493  
 0.66267003 0.49588950 0.45032202 0.84231255 0.80579854 0.67920737  
 1.34468912 0.89005307 1.33108129 1.03900771 1.40334062 1.71530593  
 1.15827880 1.75235951 2.24255356 2.44519230 2.71048460 2.09562593  
 3.11604385 3.13710594 3.80870775 3.41443007 3.48726617 4.92501400  
 4.95534826 4.52870301 6.18201006 7.23408941 7.82287870 9.08082921  
 9.69417164 10.65293624 11.26140675 13.68416079 15.79159176 16.79414899  
 18.86223782 21.49889556 24.74118734 26.11088636 30.29633958 37.66775410  
 40.07412710 44.05547032 52.05051611 50.71188138 56.52851498 65.97693277  
 72.93298876 74.25710595 83.03228396 97.18612742 123.73230242 130.93974167  
 139.59083339  
 2.55878990 0.68726440 0.23510896 0.35586528 0.21946558 0.11750459  
 0.12477100 0.13519420 0.19915214 0.27108172 0.26247519 0.23793733  
 0.14513847 0.16125704 0.16996702 0.09778975 0.08860021 0.12289271  
 0.25143603 0.23739051 0.16411141 0.22899113 0.20132198 0.22939177  
 0.14169610 0.23370272 0.36599052 0.14116879 0.25400156 0.27764091  
 0.35778181 0.26641668 0.42224338 0.46207568 0.46098047 0.63046929  
 0.64638320 0.46808687 0.41584823 0.80683977 0.78135786 0.63548547  
 1.35749521 0.84855677 1.29843046 0.98775284 1.36173160 1.67956596  
 1.08823921 1.68824372 2.19822149 2.39118798 2.65639241 1.99948971  
 3.04583773 3.03269736 3.74301086 3.30142492 3.31372272 4.81039569  
 4.75579087 4.31145964 5.93747751 7.00409830 7.54977602 8.79939877  
 9.37266055 10.34837018 10.79957330 13.18454860 15.38462600 16.21582386  
 18.21703431 20.95002120 24.07427486 25.19984621 29.58928086 37.07459900  
 39.33394765 43.30325041 51.00975790 49.30876077 55.26341681 64.59312662  
 71.69523689 72.33448154 81.32506392 96.23254125 124.25472770 130.51361564  
 136.08450250

2.16987158 0.64785018 0.20567948 0.33216008 0.20367102 0.10478055  
0.11632515 0.12588041 0.19184611 0.27755955 0.25885200 0.22955656  
0.13827698 0.15410223 0.16280707 0.08709540 0.07973509 0.11426153  
0.23495109 0.21945250 0.14952629 0.21722855 0.18478651 0.20761655  
0.12685321 0.21213058 0.34954023 0.12348600 0.23056720 0.25401225  
0.33091243 0.24327871 0.39929734 0.43925355 0.44144622 0.61781293  
0.63049667 0.44184303 0.38401354 0.77286087 0.75765850 0.59457804  
1.37042325 0.80899513 1.26658054 0.93902641 1.32135629 1.64457067  
1.02243482 1.62647381 2.15476580 2.33837640 2.60337973 1.90776371  
2.97721339 2.93176369 3.67844718 3.19215983 3.14881564 4.69844485  
4.56426988 4.10463751 5.70261758 6.78141923 7.28620757 8.52669035  
9.06181251 10.05251163 10.35667977 12.70317739 14.98814817 15.65741399  
17.59390069 20.41515980 23.42533938 24.32059334 28.89872354 36.49078433  
38.60743951 42.56387419 49.98980982 47.94446238 54.02663131 63.23834455  
70.47849100 70.46163667 79.65294589 95.28831164 124.77935876 130.08887638  
132.66624585

1.84006615 0.61069633 0.17993379 0.31003394 0.18901316 0.09343435  
0.10845100 0.11720826 0.18480811 0.28419217 0.25527883 0.22147099  
0.13173987 0.14726487 0.15594874 0.07757060 0.07175699 0.10623654  
0.21954695 0.20286994 0.13623741 0.20607018 0.16960917 0.18790837  
0.11356514 0.19254967 0.33382934 0.10801816 0.20929492 0.23239451  
0.30606094 0.22215025 0.37759827 0.41755861 0.42273974 0.60541063  
0.61500058 0.41707058 0.35461590 0.74031295 0.73467797 0.55630390  
1.38347442 0.77127794 1.23551188 0.89270369 1.28217810 1.61030453  
0.96060954 1.56696395 2.11216916 2.28673121 2.55142500 1.82024562  
2.91013519 2.83418927 3.61499717 3.08651102 2.99211515 4.58909941  
4.38046165 3.90773670 5.47704764 6.56581971 7.03184049 8.26243362  
8.76127386 9.76511163 9.93194943 12.23938116 14.60188798 15.11823358  
16.99208203 19.89395359 22.79389632 23.47201866 28.22428251 35.91616300  
37.89435016 41.83712236 48.99025576 46.61791204 52.81752486 61.91197780  
69.28239461 68.63728247 78.01520815 94.35334676 125.30620494 129.66551938  
129.33385113

1.56038885 0.57567324 0.15741079 0.28938170 0.17541020 0.08331677  
0.10110986 0.10913356 0.17802830 0.29098329 0.25175498 0.21367021  
0.12551181 0.14073088 0.14937931 0.06908743 0.06457716 0.09877518  
0.20515276 0.18754041 0.12412955 0.19548498 0.15567842 0.17007100  
0.10166902 0.17477620 0.31882461 0.09448782 0.18998523 0.21261655  
0.28307579 0.20285676 0.35707839 0.39693519 0.40482596 0.59325730  
0.59988535 0.39368702 0.32746877 0.70913573 0.71239445 0.52049354  
1.39664987 0.73531922 1.20520532 0.84866609 1.24416155 1.57675237  
0.90252275 1.50963146 2.07041460 2.23622665 2.50050711 1.73674239  
2.84456831 2.73986230 3.55264161 2.98435879 2.84321284 4.48229873  
4.20405558 3.72028129 5.26040024 6.35707469 6.78635355 8.00636667  
8.47070270 9.48592837 9.52463740 11.79251824 14.22558213 14.59762045  
16.41084925 19.38605396 22.17947415 22.65305177 27.56558164 35.35059025  
37.19443175 41.12277937 48.01068794 45.32806534 51.63547799 60.61343039  
68.10659728 66.86016346 76.41114380 93.42755572 125.83527557 129.24354014  
126.08516162

1.32322057 0.54265870 0.13770708 0.27010515 0.16278623 0.07429478  
0.09426565 0.10161514 0.17149721 0.29793669 0.24827978 0.20614419  
0.11957818 0.13448680 0.14308663 0.06153199 0.05811572 0.09183786  
0.19170230 0.17336923 0.11309775 0.18544351 0.14289185 0.15392686

0.09101904 0.15864332 0.30449431 0.08265228 0.17245707 0.19452180  
0.26181683 0.18523890 0.33767363 0.37733038 0.38767128 0.58134795  
0.58514162 0.37161450 0.30239984 0.67927150 0.69078682 0.48698836  
1.40995080 0.70103697 1.17564217 0.80680089 1.20727218 1.54389929  
0.84794839 1.45439667 2.02948547 2.18683753 2.45060537 1.65706985  
2.78047867 2.64867471 3.49136164 2.88558743 2.70172064 4.37798359  
4.03475358 3.54181818 5.05232244 6.15496623 6.54943676 7.75823566  
8.18976845 9.21472691 9.13402935 11.36197041 13.85897407 14.09493521  
15.84949817 18.89112119 21.58161408 21.86265961 26.92225360 34.79392359  
36.50744101 40.42063334 47.05070672 44.07390673 50.47988512 59.34211883  
66.95075449 65.12905664 74.84006048 92.51084850 126.36658006 128.82293418  
122.91807474

1.12210022 0.51153753 0.12046976 0.25211267 0.15107078 0.06624974  
0.08788472 0.09461468 0.16520572 0.30505625 0.24485254 0.19888326  
0.11392506 0.12851976 0.13705903 0.05480281 0.05230081 0.08538777  
0.17913369 0.16026888 0.10304639 0.17591784 0.13115551 0.13931522  
0.08148465 0.14399960 0.29080811 0.07229927 0.15654606 0.17796700  
0.24215441 0.16915112 0.31932338 0.35869385 0.37124354 0.56967767  
0.57076025 0.35077949 0.27925003 0.65066495 0.66983457 0.45563997  
1.42337840 0.66835303 1.14680420 0.76700092 1.17147659 1.51173074  
0.79667407 1.40118281 1.98936545 2.13853922 2.40169951 1.58105226  
2.71783302 2.56052201 3.43113869 2.79008504 2.56726978 4.27609615  
3.87226956 3.37191600 4.85247526 5.95928334 6.32079091 7.51779466  
7.91815150 8.95127907 8.75944024 10.94714199 13.50181387 13.60956049  
15.30734871 18.40882423 20.99986965 21.09984519 26.29393960 34.24602277  
35.83313917 39.73047603 46.10992049 42.85444878 49.35015422 58.09747187  
65.81452762 63.44277069 73.30128008 91.60313598 126.90012784 128.40369702  
119.83054075

0.95154877 0.48220114 0.10539010 0.23531873 0.14019847 0.05907585  
0.08193573 0.08809649 0.15914504 0.31234594 0.24147262 0.19187808  
0.10853920 0.12281747 0.13128534 0.04880954 0.04706771 0.07939069  
0.16738912 0.14815843 0.09388832 0.16688147 0.12038312 0.12609060  
0.07294901 0.13070759 0.27773707 0.06324307 0.14210302 0.16282110  
0.22396864 0.15446055 0.30197034 0.34097780 0.35551194 0.55824167  
0.55673235 0.33111263 0.25787243 0.62326313 0.64951782 0.42630954  
1.43693388 0.63719290 1.11867360 0.72916431 1.13674233 1.48023245  
0.74850024 1.34991597 1.95003854 2.09130762 2.35376964 1.50852196  
2.65659880 2.47530319 3.37195453 2.69774343 2.43950986 4.17657989  
3.71632895 3.21016408 4.66053314 5.76982173 6.10012727 7.28480534  
7.65554283 8.69536317 8.40021314 10.54745905 13.15385807 13.14090019  
14.78374408 17.93884047 20.43380648 20.36364627 25.68028925 33.70674976  
35.17129186 39.05210272 45.18794542 41.66873138 48.24570649 56.87893025  
64.69758374 61.80014514 71.79413842 90.70432989 127.43592837 127.98582421  
116.82056140

0.80691995 0.45454718 0.09219802 0.21964347 0.13010863 0.05267880  
0.07638943 0.08202735 0.15330669 0.31980983 0.23813935 0.18511964  
0.10340796 0.11736819 0.12575488 0.04347170 0.04235823 0.07381481  
0.15641456 0.13696309 0.08554416 0.15830928 0.11049552 0.11412133  
0.06530749 0.11864250 0.26525354 0.05532125 0.12899250 0.14896419  
0.20714861 0.14104584 0.28556033 0.32413674 0.34044696 0.54703524  
0.54304921 0.31254841 0.23813136 0.59701530 0.62981730 0.39886717  
1.45061846 0.60748552 1.09123303 0.69319421 1.10303795 1.44939045

0.70323942 1.30052488 1.91148908 2.04511917 2.30679629 1.43931896  
2.59674422 2.39292061 3.31379125 2.60845799 2.31810789 4.07937965  
3.56666825 3.05617146 4.47618338 5.58638362 5.88716716 7.05903676  
7.40164369 8.44676388 8.05571805 10.16236865 12.81486946 12.68837873  
14.27804991 17.48085557 19.88300185 19.65313422 25.08096033 33.17596870  
34.52166904 38.38531222 44.28440539 40.51582098 47.16597611 55.68594644  
63.59959562 60.20004955 70.31798498 89.81434285 127.97399118 127.56931132  
113.88618861

0.68427372 0.42847915 0.08065724 0.20501239 0.12074493 0.04697445  
0.07121857 0.07637633 0.14768253 0.32745208 0.23485209 0.17859925  
0.09851930 0.11216068 0.12045739 0.03871761 0.03811997 0.06863054  
0.14615953 0.12661370 0.07794158 0.15017741 0.10142003 0.10328827  
0.05846643 0.10769110 0.25333110 0.04839171 0.11709157 0.13628658  
0.19159177 0.12879618 0.27004208 0.30812748 0.32602037 0.53605377  
0.52970237 0.29502501 0.21990154 0.57187286 0.61071431 0.37319132  
1.46443335 0.57916317 1.06446557 0.65899853 1.07033290 1.41919107  
0.66071546 1.25294094 1.87370167 1.99995084 2.26076037 1.37329063  
2.53823820 2.31327986 3.25663124 2.52212757 2.20274749 3.98444152  
3.42303455 2.90956591 4.29912568 5.40877749 5.68164165 6.84026513  
7.15616521 8.20527200 7.72535079 9.79133799 12.48461693 12.25144034  
13.78965357 17.03456318 19.34704446 18.96741279 24.49561860 32.65354585  
33.88404493 37.72990675 43.39893178 39.39480985 46.11040990 54.51798437  
62.52024154 58.64138276 68.87218261 88.93308832 128.51432580 127.15415391  
111.02552326

0.58026886 0.40390611 0.07056107 0.19135593 0.11205512 0.04188781  
0.06639772 0.07111462 0.14226470 0.33527694 0.23161021 0.17230852  
0.09386176 0.10718423 0.11538306 0.03448343 0.03430578 0.06381038  
0.13657685 0.11704635 0.07101466 0.14246325 0.09308995 0.09348354  
0.05234198 0.09775057 0.24194455 0.04233017 0.10628862 0.12468789  
0.17720325 0.11761038 0.25536714 0.29290892 0.31220511 0.52529275  
0.51668357 0.27848409 0.20306727 0.54778925 0.59219074 0.34916827  
1.47837982 0.55216127 1.03835471 0.62648974 1.03859755 1.38962093  
0.62076287 1.20709800 1.83666128 1.95578009 2.21564317 1.31029133  
2.48105034 2.23628971 3.20045718 2.43865438 2.09312798 3.89171286  
3.28518514 2.76999308 4.12907158 5.23681795 5.48329119 6.62827361  
6.91882812 7.97068434 7.40853199 9.43385375 12.16287535 11.82954841  
13.31796336 16.59966480 18.82553411 18.30561700 23.92393763 32.13934962  
33.25819789 37.08569193 42.53116335 38.30481539 45.07846708 53.37451924  
61.45920527 57.12307212 67.45610726 88.06048063 129.05694184 126.74034757  
108.23671390

0.49207202 0.38074233 0.06172867 0.17860916 0.10399070 0.03735197  
0.06190320 0.06621540 0.13704562 0.34328880 0.22841309 0.16623937  
0.08942440 0.10242857 0.11052248 0.03071230 0.03087323 0.05932876  
0.12762244 0.10820194 0.06470335 0.13514535 0.08544406 0.08460953  
0.04685908 0.08872762 0.23106980 0.03702790 0.09648236 0.11407632  
0.16389530 0.10739606 0.24148969 0.27844201 0.29897529 0.51474775  
0.50398474 0.26287055 0.18752174 0.52471990 0.57422900 0.32669163  
1.49245910 0.52641826 1.01288433 0.59558463 1.00780316 1.36066691  
0.58322616 1.16293238 1.80035311 1.91258489 2.17142636 1.25018210  
2.42515096 2.16186193 3.14525208 2.35794384 1.98896368 3.80114224  
3.15288707 2.63711561 3.96574406 5.07032545 5.29186530 6.42285207  
6.68936241 7.74280352 7.10470601 9.08942136 11.84942539 11.42218480

```

12.86240783 16.17586952 18.31808135 17.66691206 23.36559861 31.63325045
32.64391041 36.45247667 41.68074609 37.24497942 44.06961896 52.25503726
60.41617594 55.64407275 66.06914772 87.19643493 129.60184892 126.32788792
105.51795563];
f=[0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0.38 2.03 6.19 13.71 16.42 32.95 53.75 64.1 85.63
98.26 96.02 95.89 100.57 96.39 78.72 61.5 61.94 49.84 45.3 34.33 29.6 23 16.87
14.12 12.53 7.81 5.19 3.86 4.25 2.52 2.89 1.89 1.75 0.96 1.37 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0];
%男性人数除以女性人数的比例
boygirl=[1.1875 1.14 1.142857143 1.214285714 1.172413793 1.166666667
1.153846154 1.215686275 1.25 1.18 1.173913043 1.2 1.163265306 1.183673469
1.191489362 1.185185185 1.214285714 1.095238095 1.06557377 1.035714286
1.114285714 1.125 1.118421053 1.07 1.072164948 1.011363636 1 1 0.986842105
1.041666667 1.014285714 1.0375 1.056338028 1.014285714 1.04109589
1.028571429 1.045454545 1.097222222 1.039473684 1.011764706 1.058823529
1.022222222 1.079545455 1.04040404 1.032967033 1.041666667 1.052631579
1.023255814 1.022727273 1.047619048 1.052083333 1.027777778 1 1.039215686
1.066666667 1.068965517 1.0625 1.049180328 1.015873016 1 1 0.980392157
1.021276596 1 1 1 0.972972973 0.96875 1.034482759 1 0.962962963 0.962962963
0.96 0.952380952 0.956521739 1 0.857142857 0.842105263 0.823529412
0.882352941 0.785714286 1 0.75 0.875 0.666666667 0.833333333 0.6 0.6 0.5
0.545454545];
mm=ones(13,91);
s=mm-d/1000;%存活率
b=f/2/1000;%生女率
%这里是三个代码公共部分的结束

%计算女孩子按年龄段人数的矩阵
for i=2:13
    n(i,1)=0;
    for j=2:91
        dd=n(i-1,j-1)*b(1,j-1);
        n(i,1)=n(i,1)+dd;
        n(i,j)=n(i-1,j-1)*s(i-1,j-1);
    end
end
%计算男性的人数
nb=zeros(13,91);
for i=1:13
    for j=1:91
        nb(i,j)=n(i,j)*boygirl(1,j);
    end
end
%计算女性总人数
gpeople=sum(n,2); %对矩阵 n 求行和
%计算男性总人数
bpeople=sum(nb,2);

```

```

%计算全国总人数
disp('全国总人数预测为：（第一年为 2013 年原始数据，后面为 2014-2025 年预测数
据）')
people=bpeople+gpeople
%按照年龄结构化分的人口数据
age1=zeros(13,3);
%总人口矩阵表达
peo=nb+n;
peo0_14=sum(peo(:,1:15),2) ; %0-14 岁的人口数
peo15_64=sum(peo(:,16:65),2) ; %15-64 岁的人口数
peo65_=sum(peo(:,66:91),2) ; %65 岁和 65 岁以上的人口数
t=2013:2025;
figure(1)
subplot(3,1,1)
box on;
grid on;
plot(t,peo0_14,'*-')
title('0-14 岁')
subplot(3,1,2)
box on;
grid on;
plot(t,peo15_64,'*-')
title('15-64 岁')
subplot(3,1,3)
box on;
grid on;
plot(t,peo65_,'*-')
title('64 岁以上人口')
figure(2)
box on;
grid on;
plot(t,people,'*-')
title('全国 2013-2025 年总人数的预测')
b0_14=peo0_14./people;
b15_64=peo15_64./people;
b65=peo65_./people;
figure(3)
plot(t,b0_14,t,b15_64,t,b65)
axis([2013,2025,0,1]) %用矩阵形式表示，前面两个参数表示的是 X 的范围，后两
个是 Y 的范围
set(gca,'XTick',2013:2:2025, 'YTick',0:0.1:1);
legend('0-14 岁占比','15-64 占比','64 岁以上占比')
title('三大年龄结构人口数占比')

```

## 只考虑单孩政策的代码

%这里要加上公共部分代码才能运行

```
hhh=13;
xixi=zeros(hhh,91);
xishu=zeros(1,91);
for i=1:18
    xishu(1,15+i)=i/32;
end
for i=34:50;
    xishu(1,i)=(50+1-i)/32;
end
for ttt=1:13
    xixi(ttt,:)=((1.+(0.1468.*xishu))).^(1/ttt).*b;
end
b=xixi;
%计算女孩子按年龄段人数的矩阵
for i=2:13
    n(i,1)=0;
    for j=2:91
        dd=n(i-1,j-1)*b(i-1,j-1);
        n(i,1)=n(i,1)+dd;
        n(i,j)=n(i-1,j-1)*s(i-1,j-1);
    end
end
%计算男性的人数
nb=zeros(13,91);
for i=1:13
    for j=1:91
        nb(i,j)=n(i,j)*boygirl(1,j);
    end
end
%计算女性总人数
gpeople=sum(n,2); %对矩阵 n 求行和
%计算男性总人数
bpeople=sum(nb,2);
%计算全国总人数
disp('全国总人数预测为：（第一年为 2013 年原始数据，后面为 2014-2025 年预测数据）')
people1h=bpeople+gpeople
%按照年龄结构化分的人口数据
age1=zeros(13,3);
%总人口矩阵表达
peo=nb+n;
peo0_14=sum(peo(:,1:15),2); %0-14 岁的人口数
peo15_64=sum(peo(:,16:65),2); %15-64 岁的人口数
```

```

peo65=sum(peo(:,66:91),2); %65 岁和 65 岁以上的人口数
t=2013:2025;
figure(1)
subplot(3,1,1)
box on;
grid on;
plot(t,peo0_14,'*-')
title('0-14 岁')
subplot(3,1,2)
box on;
grid on;
plot(t,peo15_64,'*-')
title('15-64 岁')
subplot(3,1,3)
box on;
grid on;
plot(t,peo65_,'*-')
title('64 岁以上人口')
figure(2)
box on;
grid on;
plot(t,people1h,'*-')
title('全国 2013-2025 年总人数的预测')
b0_14=peo0_14./people1h;
b15_64=peo15_64./people1h;
b65=peo65_./people1h;
figure(3)
plot(t,b0_14,'-*',t,b15_64,'o-',t,b65,'p-')
axis ([2013,2025,0,1]) %用矩阵形式表示，前面两个参数表示的是 X 的范围，后两个是 Y 的范围
set(gca,'XTick',2013:2:2025, 'YTick',0:0.1:1);
legend('0-14 岁占比','15-64 占比','64 岁以上占比')
title('三大年龄结构人口数占比')

```

### 考虑全面二孩政策的代码

```

hhh=13;
xixi=zeros(hhh,91);
xishu=zeros(1,91);
for i=1:18
    xishu(1,15+i)=i/32;
end
for i=34:50;
    xishu(1,i)=(50+1-i)/32;
end
for ttt=1:2
    xixi(ttt,:)=((1.+(0.1468.*xishu)).^(1/ttt)).*b;
end

```



```

for ttt=3:13
    xixi(ttt,:)=((1.+(0.1468*4.*xishu)).^(1/(ttt-2))).*b;
end
b=xixi;
%计算女孩子按年龄段人数的矩阵
for i=2:13
    n(i,1)=0;
    for j=2:91
        dd=n(i-1,j-1)*b(i-1,j-1);
        n(i,1)=n(i,1)+dd;
        n(i,j)=n(i-1,j-1)*s(i-1,j-1);
    end
end
%计算男性的人数
nb=zeros(13,91);
for i=1:13
    for j=1:91
        nb(i,j)=n(i,j)*boygirl(1,j);
    end
end
%计算女性总人数
gpeople=sum(n,2); %对矩阵 n 求行和
%计算男性总人数
bpeople=sum(nb,2);
%计算全国总人数
disp('全面二孩政策下，全国总人数预测为：（第一年为 2013 年原始数据，后面为
2014-2025 年预测数据）')
people2h=bpeople+gpeople
%按照年龄结构化分的人口数据
%总人口矩阵表达
peo=nb+n;
peo0_14=sum(peo(:,1:15),2); %0-14 岁的人口数
peo15_64=sum(peo(:,16:65),2); %15-64 岁的人口数
peo65_=sum(peo(:,66:91),2); %65 岁和 65 岁以上的人口数
t=2013:2025;
figure(1)
subplot(3,1,1)
box on;
grid on;
plot(t,peo0_14,'*-')
title('0-14 岁')
subplot(3,1,2)
box on;
grid on;
plot(t,peo15_64,'*-')

```

```

title('15-64 岁')
subplot(3,1,3)
box on;
grid on;
plot(t,peo65_,'*-')
title('64 岁以上人口')
figure(2)
box on;
grid on;
plot(t,people2h,'*-')
title('全国 2013-2030 年总人数的预测')
b0_14=peo0_14./people2h;
b15_64=peo15_64./people2h;
b65=peo65_./people2h;
figure(3)
plot(t,b0_14,t,b15_64,t,b65)
axis ([2013,2025,0,1]) %用矩阵形式表示, 前面两个参数表示的是 X 的范围, 后两
个是 Y 的范围
set(gca,'XTick',2013:2:2025, 'YTick',0:0.1:1);
legend('0-14 岁占比','15-64 占比','64 岁以上占比')
title('三大年龄结构人口数占比') hhh=13;
xixi=zeros(hhh,91);
xishu=zeros(1,91);
for i=1:18
    xishu(1,15+i)=i/32;
end
for i=34:50;
    xishu(1,i)=(50+1-i)/32;
end
for ttt=1:2
    xixi(ttt,:)=((1.+(0.1468.*xishu)).^(1/ttt)).*b;
end
for ttt=3:13
    xixi(ttt,:)=((1.+(0.1468*4.*xishu)).^(1/(ttt-2))).*b;
end
b=xixi;
%计算女孩子按年龄段人数的矩阵
for i=2:13
    n(i,1)=0;
    for j=2:91
        dd=n(i-1,j-1)*b(i-1,j-1);
        n(i,1)=n(i,1)+dd;
        n(i,j)=n(i-1,j-1)*s(i-1,j-1);
    end
end
%计算男性的人数
nb=zeros(13,91);
for i=1:13

```

```

    for j=1:91
        nb(i,j)=n(i,j)*boygirl(1,j);
    end
end
%计算女性总人数
gpeople=sum(n,2); %对矩阵 n 求行和
%计算男性总人数
bpeople=sum(nb,2);
%计算全国总人数
disp('全面二孩政策下，全国总人数预测为：（第一年为 2013 年原始数据，后面为
2014-2025 年预测数据）')
people2h=bpeople+gpeople
%按照年龄结构化分的人口数据
%总人口矩阵表达
peo=nb+n;
peo0_14=sum(peo(:,1:15),2); %0-14 岁的人口数
peo15_64=sum(peo(:,16:65),2); %15-64 岁的人口数
peo65_=sum(peo(:,66:91),2); %65 岁和 65 岁以上的人口数
t=2013:2025;
figure(1)
subplot(3,1,1)
box on;
grid on;
plot(t,peo0_14,'*-')
title('0-14 岁')
subplot(3,1,2)
box on;
grid on;
plot(t,peo15_64,'*-')
title('15-64 岁')
subplot(3,1,3)
box on;
grid on;
plot(t,peo65_,'*-')
title('64 岁以上人口')
figure(2)
box on;
grid on;
plot(t,people2h,'*-')
title('全国 2013-2030 年总人数的预测')
b0_14=peo0_14./people2h;
b15_64=peo15_64./people2h;
b65=peo65_./people2h;
figure(3)
plot(t,b0_14,t,b15_64,t,b65)

```

```
axis ([2013,2025,0,1]) %用矩阵形式表示，前面两个参数表示的是 X 的范围，后两个是 Y 的范围
set(gca,'XTick',2013:2:2025, 'YTick',0:0.1:1);
legend('0-14 岁占比','15-64 占比','64 岁以上占比')
title('三大年龄结构人口数占比')
```

## 部分画图的代码

```
figure(4)
plot(t,people,'*-',t,people1h,'p-',t,people2h,'o-')
legend('无政策','单独二孩','考虑二孩政策')
xlabel('年份')
ylabel('中国总人口')
title('比较不同情况下对于总人口的影响情况')
set(legend,'Position',[0.15 0.77 0.29 0.13]);
```